

Recherche interdisciplinaire pour le développement durable

Application à différentes thématiques de territoire

et la biodiversité des espaces ruraux malgaches

Direction scientifique
Hervé Duchaufour

Editeurs scientifiques
Tantely Razafimbelo-Andriamifidy
Jacqueline Rakotoarisoa
Bruno Ramamonjisoa
Rakotondravao



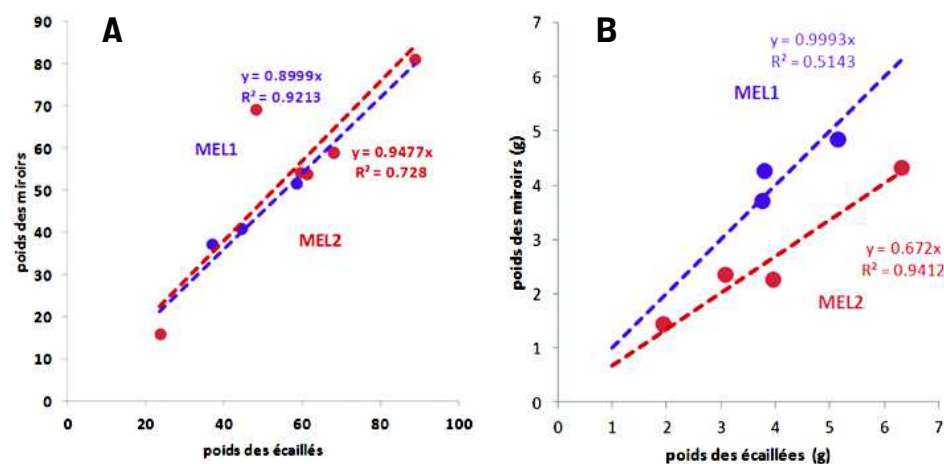


Figure 14 : Poids des lots « miroir » en fonction du poids des témoins écaillés du même étang
(A) en pré-grossissement dans 3 et 4 environnements différents pour, respectivement, MEL1 et MEL2 et
(B) en grossissement, dans 3 et 5 environnements différents pour, respectivement, MEL1 et MEL2. Durant le pré-grossissement le MEL 1 présente ici une performance meilleure que le MEL2 car comparativement au témoin interne écaillé, il est systématiquement plus gros que MEL 2, par contre ses performances sont équivalentes à l'autre mélange lors du grossissement

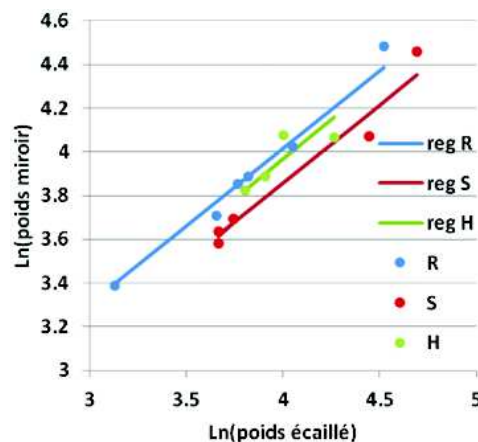


Figure 15 : Comparaison des poids en fin de grossissement (échelle logarithmique) de trois souches de carpes malgaches élevées en rizières et étangs
Les droites de régression montrent la performance attendue de chacune des souches en fonction de la performance du témoin

La maladie de Newcastle

The Newcastle Disease

A.H. RASAMOELINA^{1,2}
S. MOLIA³
N.P. RAZAFINDRAIBE²
D.E. ANDRIA-MANANJARA²
O.D. RAKOTOMANANA²
V. CHEVALIER³

(1) Département de Recherches Zootechniques et Vétérinaires, FOFIFA/CENRADERU, 101 Antananarivo, Madagascar

(2) Département Vétérinaire, Faculté de Médecine, Université d'Antananarivo, Madagascar

(3) UR AGIRs, Centre de Coopération Internationale de Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier France

Résumé

La maladie de Newcastle est une maladie virale des oiseaux, très contagieuse et présente partout dans le monde. Sa présentation clinique est variable. Elle se manifeste généralement par des signes respiratoires mais le tableau clinique peut être dominé par un abattement, des symptômes nerveux ou des diarrhées.

Historiquement, la maladie a été découverte en Indonésie en 1926 (Kraneveld, 1926). Mais elle a tiré son nom de la ville de Newcastle-on-Tyne en Angleterre, où elle est apparue en 1927 (Doyle, 1927). Cette maladie constatée dans le monde entier, est actuellement maîtrisée au Canada, aux États-Unis d'Amérique et dans certains pays de l'Europe occidentale. Elle persiste dans différentes régions d'Afrique, d'Asie et d'Amérique du Sud. Toutefois, étant donné que les oiseaux sauvages peuvent parfois être porteurs du virus sans contracter la maladie, des foyers peuvent apparaître partout où existent des élevages de volailles (OIE, 2016).

A Madagascar, elle constitue la cause la plus importante des mortalités aviaires, notamment chez les animaux non vaccinés. De nombreuses mesures de lutte s'imposent pour une meilleure production avicole.

Abstract

The Newcastle disease is a viral disease of birds, highly contagious and presents worldwide. Its clinical presentation is variable. It usually presents with respiratory signs but the clinical picture may be dominated by a depression, nervous symptoms or diarrhea.

Historically, the disease was discovered in Indonesia in 1926 (Kraneveld, 1926). But it took its name from the city of Newcastle-on-Tyne in England, where she appeared in 1927 (Doyle, 1927). This disease found worldwide, is currently under control in Canada, the United States of America and some countries of Western Europe. It persists in various parts of Africa, Asia and South America. However, given that wild birds can sometimes carry the virus without becoming ill, outbreaks can occur wherever there are poultry (OIE, 2016).

In Madagascar, it is the most important cause of bird mortality, particularly among unvaccinated animals. Numerous control measures are necessary to improve poultry production.

L'agent pathogène responsable de la maladie et les espèces affectées

La maladie de Newcastle (MN) est causée par des virus appartenant au paramyxovirus aviaire sérotype1APMV-1, de la famille des *Paramyxoviridae* (Cattoli *et al.*, 2011 ; Miller *et al.*, 2009). Selon la virulence de la souche d'APMV-1, on parle de souche lentogénique (faiblement virulente), mésogénique (moyennement virulente) ou vélogénique (très virulente). La maladie causée par les souches vélogéniques fait partie de la liste des maladies à notifier à l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE).

Les virus de la maladie de Newcastle (on utilisera ci-après la terminologie anglophone NDV pour « Newcastle Disease Virus ») se trouvent principalement chez les oiseaux, domestiques et sauvages, et près de 250 espèces différentes d'oiseaux ont déjà été trouvées infectées (Kaleta et Baldauf, 1988). La susceptibilité varie en fonction de l'espèce.

LES OISEAUX DOMESTIQUES

Les gallinacées

Les poulets et les dindes sont connus étre les plus sensibles à la MN. La mortalité intra-élevage peut atteindre 90 % chez ces espèces (Alexander, 2003). L'intensification des élevages avec une densité élevée et l'optimisation des performances augmentent la sensibilité de ces élevages.

Les palmipèdes

L'infection est généralement asymptomatique chez les canards et les oies domestiques. Les foyers avec maladie clinique chez les palmipèdes domestiques sont aussi rares. Dans les années 1990, une souche vélogène de APMV-1 a été isolée en Chine chez des oies, causant une épidémie chez les poulets et chez les oies (Liu *et al.*, 2003 ; Jinding *et al.*, 2005).

Les Ratites

Les autruches sont également sensibles à la MN (Alexander, 2000c). Plusieurs foyers de MN chez les autruches sont répertoriés un peu partout : en Israël (Sameberg *et al.*, 1989), en Afrique du Sud en 1993 (Verwoerd *et al.*, 1995 ; Allwright, 1996). En Afrique du Sud, on a isolé une souche identique à la souche virulente qui circulait chez les poulets au même moment (Manvell *et al.*, 1996).

LES OISEAUX SAUVAGES

Les oiseaux d'eau sauvages

La majorité des oiseaux d'eau sont réceptifs à l'APMV-1. Cependant, ils sont généralement résistants et ne font pas ou font très peu de maladie clinique avec de l'apathie et de l'anorexie (Alexander, 2003), même avec les souches très pathogènes pour les poulets. Mais ils excrètent les virus. Les cas de maladie clinique rapportée chez l'avifaune sauvage sont très rares. En voici quelques exemple : chez des sarcelles (Bozorgmehri-Fard and Keyvanfar, 1979), chez des cygnes et des oies sauvages (Estudillon, 1972) ; chez les cormorans où des cas sont rapportés régulièrement en Amérique du Nord, avec isolement du virus de la maladie de Newcastle (Banerjee *et al.*, 1994 ; Glaser *et al.*, 1999 ; Heckert, 1993 ; Wobeser *et al.*, 1993), chez des pélicans et des mouettes (Wobeser *et al.*, 1993).

Les espèces relais ou espèces péri-domestiques

Les oiseaux péri-domestiques sont des oiseaux familiers qui se sont adaptés à l'exploitation des sources anthropiques de nourriture. Leur association étroite avec l'homme résulte souvent d'un contact étroit avec la volaille domestique. Ces espèces pourraient ainsi servir de liens entre les oiseaux sauvages dans les habitats naturels et la volaille domestique, d'où l'appellation « espèces relais ». On peut citer plusieurs espèces d'oiseaux chanteurs ou d'oiseaux percheurs (Passeriformes) telles que corbeaux (famille *Corvidae*), moineaux (famille de *Passeridae*), martins (famille de *Sturnidae*) et les pigeons (famille de *Columbidae*).

Pour le cas des pigeons, les premiers foyers importants ont commencé vers la fin des années 1970 et le début des années 1980 au Moyen-Orient (Kaleta *et al.*, 1985). Les études ont montré par la suite qu'il s'agit d'un APMV-1 et il a été baptisé PPMV-1 pour Pigeon Paramyxovirus sérotype 1 (Collins *et al.*, 1989). Les foyers se sont étendus et ont abouti à une panzootie¹ à PPMV-1 atteignant les pigeons domestiques, les pigeons sauvages et les colombes (Lister *et al.*, 1986 ; Johnston and Key, 1992.). Les études moléculaires ont montré que le PPMV-1 est une adaptation au pigeon de l'APMV-1 de poulet (Ujvári *et al.*, 2003 ; Aldous *et al.*, 2004), suggérant le passage du virus entre les 2 espèces. D'un autre côté, le pigeon peut aussi être porteur sain du virus. Une étude expérimentale a révélé que les pigeons, même infectés par l'APMV-1 sont résistants, mais excrètent cependant le virus pendant plus de 14 jours (Kapczynski *et al.*, 2006).

D'autres espèces péri-domestiques sont sensibles à la MN (perdreix, faisans, perroquet...). Plusieurs foyers de MN dans les espèces relais ont été décrits dans la littérature surtout en Europe : au Danemark chez des faisans (Jorgensen *et al.*, 1999), en France et en Angleterre (Alexander *et al.*, 1996) ; chez des perroquets en Malaisie (Alexander *et al.*, 1977). Dans les années 1970, une introduction de perroquets infectés a été à l'origine de foyers chez les volailles domestiques avec des impacts économiques importants aux Etats-Unis (Walker *et al.*, 1973).

¹ Maladie contagieuse qui se répand sur plusieurs continents.

L'HOMME

Les cas d'infection par des virus de la MN chez l'homme, sont très rares et se manifestent généralement par une conjonctivite transitoire ou des troubles respiratoires (Chang, 1981). Ces cas humains concernent avant tous des personnes exposées dans le cadre professionnel : éleveur, vétérinaire, personnel d'abattoir ou de laboratoire

Comment se manifeste la maladie ?

La durée d'incubation de la maladie est en moyenne d'une semaine, mais elle peut varier de 2 à 15 jours. La maladie se propage généralement rapidement au sein de l'élevage. Le type, la rapidité et la sévérité des symptômes varient en fonction de facteurs liés au virus (souche virale, tropisme pour tel ou tel organe, dose infectante), aux oiseaux infectés (espèce, âge, immunité préexistante, infections concomitantes) et à l'environnement (type de bâtiment, conditions de température et d'humidité, autres facteurs de stress). Cinq formes d'expression de la maladie sont classiquement distinguées :

- Une forme suraiguë dans laquelle les animaux décèdent très rapidement (en 24-48 heures) sans avoir eu le temps de présenter des symptômes ;
- Une forme aiguë avec une combinaison de symptômes. On peut citer une perte d'appétit, un abattement général, des œdèmes de la tête et du cou (notamment au niveau de la crête et des barbillons), des plumes ébouriffées, une chute ou un arrêt de la ponte des œufs, des œufs de mauvaise qualité, une diarrhée verdâtre ou blanchâtre, des signes respiratoires (toux, râle, halètement, éternuements, jetage, difficultés respiratoires), des signes neurologiques (tremblements, parésie, paralysie, torticolis, marche en cercle). On observe une forte mortalité qui peut atteindre 90 % voire 100 % du cheptel. Dans la forme aiguë, les volailles qui survivent à la maladie présentent souvent des séquelles, notamment au niveau neurologique ;
- Une forme moyennement sévère avec une chute de la production d'œufs, des œufs de mauvaise qualité (forme anormale, coquille molle et/ou de couleur anormale), des signes respiratoires et neurologiques marqués et une faible mortalité (généralement de l'ordre de 10 % bien qu'elle puisse être supérieure chez les jeunes volailles) ;
- Des formes chroniques peuvent aussi exister qui se manifestent généralement par des symptômes respiratoires et évoluent lentement ;
- Une forme asymptomatique ou avec de légers symptômes respiratoires.

Les sources de virus

Les sources de virus sont les oiseaux infectés vivants, les carcasses/cadavres de volailles infectées et l'environnement. Les oiseaux infectés vivants excrètent les virus de la MN principalement dans les fèces et dans les sécrétions respiratoires. Dans les fèces de poulets, les virus peuvent rester infectants jusqu'à 194 jours entre 20 et 30 °C. Les coquilles d'œuf contaminées peuvent aussi être source de virus puisqu'elles peuvent contenir du virus jusqu'à 44 h (Asplin, 1949).

Pour ce qui est des carcasses/cadavres d'oiseaux infectés, selon Asplin (1949), le virus reste actif sur la peau et au niveau de la moelle osseuse des poulets infectés pendant très longtemps surtout à basse température (134 jours à 1,7 °C). Cette durée s'allonge encore si les carcasses ne sont pas plumées (196 jours à 1,7 °C). Les plumes de volailles infectées peuvent rester infectantes pendant au maximum 14 jours.

Une fois excrété, la survie du virus dépend des conditions environnementales (température, humidité, exposition à la lumière). D'après les études expérimentales de Olesiuk (1951) pour vérifier l'effet de l'environnement sur la viabilité du NDV, cette durée de survie, dans un échantillon de sol est de 25 jours à 37 °C et de 71 jours à 20 °C-30 °C. Selon Lancaster (1966), la durée de survie du NDV, dans un bâtiment d'élevage préalablement occupé par des volailles infectées, est variable en fonction des saisons : 7 jours en été, 14 jours au printemps et jusqu'à 30 jours en hiver. Une litière infectée peut rester infectante pendant 53 jours. Et enfin, selon Boyd et Hanson (1958), on peut retrouver du NDV dans de l'eau de lac contaminée pendant 11 à 19 jours en fonction de son pH, des matières organiques présentes, de l'aération et de sa salinité. De même, on retrouve le NDV dans un sol 8 à 22 jours, en fonction de l'humidité relative.

La contamination entre oiseaux

L'infection d'un oiseau se fait par inhalation ou ingestion des particules virales ou bien par contact au niveau des muqueuses, notamment de la conjonctive. Cette infection peut se faire à travers une transmission directe lors de contact ou proximité entre oiseau infecté et oiseau sain. C'est-ce qu'on appelle la transmission horizontale directe. L'autre mode de contamination est la transmission indirecte à travers différents supports qui peuvent être vivants ou non. L'homme peut transporter de façon passive après avoir été en contact avec de la matière infectieuse, que cela soit via ses chaussures (contact avec des fèces), ses mains (contact avec une carcasse ou un oiseau vivant infecté), ou encore ses vêtements (lors de passage dans un élevage infecté, des aérosols ou poussières contenant des matières infectieuses peuvent se déposer sur les vêtements). Les autres espèces animales qui peuvent avoir accès aux élevages (rats, chiens...) peuvent aussi véhiculer le virus mécaniquement. Enfin, les différents véhicules (voitures, moto, bicyclette...) qui passent d'un élevage à un autre peuvent transporter les virus au niveau de leurs roues et les amener dans un autre élevage. Ces différents vecteurs mécaniques contaminent l'environnement, notamment les litières et les sols des élevages, et ceux-ci deviennent des sources de matières infectieuses pour les volailles.

Les facteurs de risque de la maladie

On appelle facteur de risque toute exposition ou caractéristique qui augmente la probabilité d'occurrence d'une maladie. En d'autres termes, il s'agit des facteurs favorisant l'infection. L'introduction, la persistance des virus de la MN et leur diffusion à grande distance dépendent des différents facteurs de risque.

La composition de la population aviaire

Les élevages familiaux caractérisés par une population aviaire hétérogène sont plus à risque que les autres élevages (Capua *et al.*, 2002). En effet, plusieurs études rapportent la présence continue de NDV dans ces élevages traditionnels (Bell *et al.*, 1990 ; McBride *et al.*, 1991 ; Awan *et al.*, 1994). En voici les explications avancées :

- La population aviaire du village constitue elle-même le réservoir, à cause de la dynamique des cheptels de volaille et l'hétérogénéité des souches de NDV. Les animaux malades, les infectés latents, une fraction des survivants sont tous des excréteurs de virus. Parmi les animaux excréteurs, on note également les poulets vaccinés. L'infection par des souches virulentes de poulets vaccinés résulte quelquefois par une infection peu sévère ou inapparente suivie d'une excrétion virale jusqu'à 5 semaines post-infection (Lancaster, 1966). A côté de cela, l'ensemble du cheptel n'est jamais infecté en même temps car il y a les nouvelles naissances et il y a les nouvelles introductions d'animaux. Ceci fait qu'il y a du virus en circulation et donc une population sensible. Njagi *et al.*, 2010, dans une étude réalisée au Kenya, confirment le rôle de la population aviaire. Il existe au sein de la population de volaille des individus apparemment sains qui hébergent des virus vlogènes.

- La mixité d'espèces d'oiseaux est favorable à une transmission inter-espèces de NDV. Les autres espèces présentes, plus particulièrement les canards et les oies, sont peu sensibles à la maladie même si des cas de maladies cliniques sont quelquefois rapportés. Mais elles hébergent et excrètent les virus. En Ouganda, OtimOnapa *et al.* (2006) ont démontré par une étude expérimentale, que les canards peuvent héberger le NDV sans faire de signe clinique et peuvent contaminer les poulets en cas de mixité d'espèces dans les élevages.

Le rôle des oiseaux sauvages

Les APMV-1 isolés chez les oiseaux migrateurs sont souvent des virus lentogènes (Mackenzie *et al.*, 1984; Rosenberger *et al.*, 1974; Stallknecht *et al.*, 1991; Jorgensen *et al.*, 2004; Hlinak *et al.*, 2006). Mais il y a toujours la possibilité d'évolution pour devenir vélogène après passage chez des volailles domestiques (Shengqing *et al.*, 2002). D'ailleurs, des études phylogénétiques ont montré des liens épidémiologiques entre des virus isolés chez l'avifaune sauvage et ceux isolés chez des volailles domestiques, notamment des poulets. Par exemple, les mêmes souches de NDV responsables de l'épizootie chez les poulets en Irlande en 1990 ont été isolées chez l'avifaune sauvage (Alexander *et al.*, 1992). Mais le cas le plus probant d'émergence de souche vélogène à partir de souche lentogène est le cas observé en Australie (Gould *et al.*, 2001; Gould *et al.*, 2003; Gould *et al.*, 2004). Les virus APMV-1 non pathogènes qui circulaient depuis longtemps ont évolué pour devenir pathogènes et causer les foyers observés de 1998 à 2000. Un passage de chez les réservoirs que sont les oiseaux sauvages, chez qui ces souches n'ont pas été pathogènes, vers les poulets, a créé les souches pathogènes chez les poulets.

Les autres espèces (non oiseaux)

Chats, chiens, renards, rongeurs excrètent le virus pendant un court moment (72 h) dans leurs fèces après ingestion de volaille contaminée. Ils peuvent jouer un rôle dans la dissémination lors des contacts avec les volailles ou par contamination de l'environnement.

Protection et hygiène de l'élevage

Lors des foyers de MN dans les fermes commerciales en Australie, entre 1998-2000, les élevages ayant une protection contre l'entrée des oiseaux sauvages et un bon niveau d'hygiène, avaient un risque plus faible d'être infecté (East *et al.*, 2006). L'isolement des élevages, notamment la distance par rapport à d'autres fermes, améliore la sécurité vis-à-vis de l'introduction de NDV. En Italie, en 2000, les fermes qui avaient dans un rayon de 700 mètres un autre élevage infecté, étaient plus à risque de contracter aussi la maladie (Capua *et al.*, 2002). L'application d'un bon nettoyage-désinfection et la mise en place d'un vide sanitaire suffisant permettent d'assainir les fermes par rapport au virus NDV (McCluskey *et al.*, 2006).

Les facteurs agro-environnementaux

Les facteurs agro-environnementaux influencent la dynamique et le risque de maladie de Newcastle. Au Kenya, Njagi *et al.* (2010) mettent en évidence que la saison chaude avec une pluviométrie faible, le milieu de type savane et la moyenne altitude (760 m) sont favorables au développement de la MN.

La littérature montre une différence en termes de variation saisonnière de la MN. En Thaïlande, le début des foyers sont associés au début de la saison humide (Thitisak *et al.* 1988; Jintana, 1987). Au Vietnam, les foyers apparaissent en saison froide (Dao and Pham, 1985), tandis qu'en Mauritanie, c'est plutôt, en saison chaude (Bell *et al.*, 1990). Au Kenya, Nyaga *et al.* (1985) rapportent que les foyers existent aussi bien en saison chaude qu'en saison froide. Kinde *et al.*, (2004) rapportent le rôle du climat chaud et sec en Californie, comme favorable à la rapide élimination des NDV dans les élevages.

Le commerce

Le NDV a été isolé plusieurs fois dans différents pays au niveau des marchés de volailles vivantes : King *et al.* (1997) et Seal *et al.* (2005) caractérisent les souches de NDV qui circulent sur les marchés de volailles vivantes en Amérique du Nord; Kim *et al.*, (2007) caractérisent les souches de NDV qui circulent sur les marchés de volailles vivantes à Hong-Kong. Capua *et al.* (2002) rapportent que les commerçants de volailles ont été à l'origine de la dissémination des foyers de MN à l'intérieur de l'Italie en 2000.

Le diagnostic de la maladie

La maladie de Newcastle doit être suspectée, chez les volailles, quand il y a au sein du troupeau :

- Sur le plan clinique et lésionnel : de la prostration², de la difficulté respiratoire, une diarrhée blanche ou verte, des signes nerveux (notamment du torticolis), des lésions hémorragiques notamment au niveau du proventricule ;
- Sur le plan épidémiologique : une forte contagiosité et une forte mortalité.

D'autres maladies peuvent néanmoins présenter un tableau clinique similaire (telles que l'influenza aviaire hautement pathogène, le choléra aviaire, ou la laryngotrachéite infectieuse). Le diagnostic différentiel ne peut se faire qu'au moyen d'analyses de laboratoire.

Les analyses de laboratoire peuvent viser la détection des virus ou la détection des anticorps contre les virus de la MN. Pour la détection des virus, les échantillons à collecter incluent des écouvillons trachéaux ou cloacaux pour les oiseaux vivants, ou des organes (trachée, poumons, intestins, rate et cerveau) pour les oiseaux morts. Ces échantillons doivent être conservés à une température $\leq +4$ °C si les analyses vont se faire dans les 48 heures ; sinon il faut les congeler à -20 °C. Différentes techniques peuvent être utilisées : isolement viral suivi de tests d'inhibition d'hémagglutination³ ou bien par biologie moléculaire, notamment la PCR⁴ (qui permet d'obtenir les résultats plus rapidement).

Pour la détection des anticorps, l'échantillon à collecter est du sang, à partir duquel le sérum sera obtenu. Les techniques possibles incluent l'inhibition d'hémagglutination, les tests ELISA ou la neutralisation de virus. En cas de forme aiguë ou suraiguë, les techniques sérologiques présentent un intérêt plus limité car les oiseaux meurent souvent avant d'avoir pu produire des anticorps (les anticorps sont détectables à partir de 6 à 10 jours après l'infection). De même, si les animaux sont vaccinés, les tests sérologiques seront positifs vis-à-vis aussi bien des anticorps vaccinaux que des anticorps suite à une infection naturelle par le virus de la MN. Toutefois, en fonction du titre d'anticorps obtenu, on peut généralement distinguer une réponse vaccinale d'une infection sauvage. Et enfin, une sérologie positive indique que l'animal a été en contact avec le virus mais sans forcément contracté la maladie.

² Etat d'abattement et de fatigue.

³ Formation d'un agrégat de globules rouges provenant de la fixation d'anticorps spécifiques sur les antigènes présents à la surface de ces globules rouges.

⁴ Polymerase Chain Reaction ou Amplification en Chaîne de Polymérase. Cela consiste à amplifier par des procédures de biologie moléculaire, un fragment du génome d'un agent pathogène jusqu'à ce qu'il soit suffisamment grand et facilement détectable.

LES STRATÉGIES DE LUTTE CONTRE LA MALADIE DE Newcastle

La lutte contre la MN se décline en plusieurs niveaux en fonction du statut sanitaire du pays ou d'une zone donnée à l'intérieur d'un pays. Plusieurs modalités de lutte sont possibles et leur combinaison dépend de l'épidémiologie de la maladie dans le pays ainsi que du contexte socio-économique.

Le contrôle des importations

Le contrôle des importations a pour objectif de prévenir toute introduction du virus. Cela consiste à surveiller toute entrée de volailles ou de produits issus de volailles sur le territoire national pour détecter et refouler tout produit à risque. En pratique, toute importation de produits animaux ou d'origines animales dans un pays nécessite une autorisation de la part de services vétérinaires du pays importateurs. Cette autorisation découle d'une vérification du statut sanitaire du pays de provenance avec quelquefois, selon le pays et selon le type de produits, les résultats de dépistage de maladies par un laboratoire de référence. Une vérification de ces papiers suivie d'une vérification physique est réalisée au niveau des frontières, par les services vétérinaires.

Le contrôle des entrées peut aussi s'appliquer pour protéger une zone donnée à l'intérieur d'un même pays si les statuts sanitaires des différentes zones sont différents et que l'on veut préserver la zone en question comme indemne de la maladie.

La surveillance épidémiologique

La surveillance épidémiologique peut être définie comme la collecte, la remontée, l'analyse des données sanitaires et la diffusion d'informations sanitaires en vue d'orienter les actions de contrôle des maladies animales.

Par rapport à la MN, les objectifs de la surveillance épidémiologique sont de deux ordres : l'alerte précoce et le suivi de la dynamique de la maladie.

L'alerte précoce consiste à détecter le plus rapidement possible toute épidémie de maladie de Newcastle afin de prendre les dispositions nécessaires pour la contrôler. Elle est cruciale pour plusieurs raisons :

- La détection précoce d'un foyer permet de le circonscrire rapidement et d'éviter ainsi que la maladie se propage. Cette raison fait que l'alerte précoce est doublement plus importante dans un pays ou une zone indemne en cas d'introduction de la maladie ;
- Plus tôt le foyer sera détecté, moins il y aura d'élevages et d'animaux touchés et moins chers sera le coût du contrôle du foyer.

Le suivi de la dynamique de la maladie consiste à connaître l'évolution de la maladie dans le temps et dans l'espace. L'évolution dans le temps signifie les modifications des nombres de foyers et d'animaux affectés au fil des semaines, des mois voire des années. L'évolution dans l'espace consiste à connaître et suivre la répartition de la localisation des foyers de MN. Ce suivi est surtout important dans les pays comme Madagascar où la maladie est endémique. En effet, la connaissance des périodes et des lieux de concentration de la maladie permet de cibler la période et la zone d'intervention pour des mesures ciblées. Par ailleurs, le suivi de la dynamique de la maladie permet aussi d'évaluer l'efficacité globale de la lutte contre la maladie au niveau national en suivant sa tendance.

La vaccination

Par définition, un vaccin est une préparation à partir de microbe, qu'on introduit dans l'organisme afin de stimuler la production d'anticorps qui va protéger l'organisme contre toute nouvelle infection par la forme pathogène du même microbe. La préparation peut être obtenue en tuant le microbe (vaccins inactivés ou vaccins tués), ou en atténuant son pouvoir pathogène (vaccins atténués ou vaccins vivants). La vaccination est l'une des armes les plus efficaces pour contrôler la MN :

- Dans le cas des pays où la maladie est endémique, la vaccination est le moyen le plus efficace pour diminuer la prévalence de la maladie à un niveau suffisamment bas avant de pouvoir passer à des stratégies d'élimination du virus partout où il se trouve. Ceci a été la stratégie utilisée dans la majorité des pays du Nord, qui depuis ont réussi à devenir indemne de MN ;
- La vaccination en anneau autour des foyers permet aussi de limiter son extension.

Il existe plusieurs types de vaccins dont le choix d'utilisation dépend des contextes épidémiologiques et socio-économiques dans le pays ainsi que du système d'élevage.

Vaccins inactivés

Pour obtenir des vaccins inactivés, le virus est cultivé ou multiplié puis tué par du formol ou du bétapropiolactone. De l'adjuvant, surtout de l'huile minérale, est ajouté à ce composé pour améliorer le pouvoir immunogène du vaccin. Comme les virus sont tués, ils ne peuvent plus diffuser et se multiplier ; leur utilisation nécessite alors une injection individuelle des volailles. Ce type de vaccin confère une bonne et durable immunité contre la MN. Cependant, il est souvent trop cher pour les élevages de basse-cour avec quelque tête et il est difficile à utiliser surtout pour les élevages intensifs du fait de la nécessité de faire une injection individuelle.

Vaccins atténués

Les vaccins atténués sont les plus répandus. Il en existe plusieurs sortes :

- Les plus répandus sont les vaccins obtenus à partir de souches naturellement apathogènes ou lentogéniques (très faiblement pathogènes). Les souches Hitchner B1 (ou HB1) et La Sota en sont les représentants les plus utilisés de par le monde entier.
- Les vaccins issus de souches mésogènes (moyennement pathogènes) comme la souche Mukteswar (Alexander, 1997) et la souche Komarov (Saifuddin *et al.*, 1990).

Comme les vaccins atténués contiennent des virus vivants, ceux-ci peuvent continuer à se répliquer et à diffuser entre les volailles. L'avantage en est que même si la totalité du lot de volaille n'est pas vaccinée, il y a quand même une immunisation de l'ensemble du groupe. L'autre avantage de ce type de vaccin est la possibilité de faire l'administration via différents supports (aliments, eau de boisson).

L'inconvénient majeur des vaccins atténués vient aussi du fait qu'ils sont à base de virus vivants. En effet, ils peuvent quelquefois induire des réactions vaccinales chez les oiseaux vaccinés. Ces réactions vaccinales sont plus fréquentes et plus sévères avec les souches mésogéniques, se traduisant par des signes respiratoires et des signes nerveux occasionnels. Pour les souches lentogéniques, les réactions vaccinales se traduisent par des signes respiratoires mineures. La Sota produit plus fréquemment de réactions vaccinales que HB1. Il est préconisé d'utiliser les souches mésogéniques et la souche La Sota, uniquement sur des populations aviaires ayant un certain niveau d'immunité, soit à l'issue d'une précédente vaccination avec une autre souche entraînant moins de réaction vaccinale, soit parce qu'il s'agit d'une population dans

une zone endémique et que les volailles sont souvent en contact avec le virus, avec un niveau minimal d'anticorps protecteurs. Par ailleurs, un autre inconvénient des vaccins avec les souches lentogéniques, est que la plupart du temps, ils ont été fabriqués pour les élevages industriels avec des conditionnements pour 500 doses ou 1000 doses. De ce fait, ils deviennent peu accessibles pour les éleveurs de volailles villageoises qui ne possèdent qu'une à quelques dizaines de têtes.

Les vaccins thermotolérants

Il s'agit de vaccin vivant développé à partir de souche de virus de MN sélectionnée pour sa stabilité à la chaleur, dénommée souche V4. Il a été introduit spécifiquement pour répondre à la problématique des élevages villageois dans les pays en voie de développement. Ce type de vaccin peut être administré via l'aliment ou sous forme de collyre. Parmi les vaccins thermotolérants similaires à la souche V4, on peut noter le vaccin utilisant la souche I-2 (Bensink and Spradbrow, 1999) qui a été diffusé dans plusieurs pays africains et asiatiques (Vietnam, Tanzanie, Mozambique,...), pour une production locale à destination des élevages villageois. Les volailles vaccinées avec cette souche, ont bénéficié d'une bonne immunité (Amakye-Anim *et al.*, 2000 ; Dias *et al.*, 2001 ; Tu *et al.*, 1998 ; Wambura *et al.*, 2000) et d'une bonne innocuité (pas de réactions vaccinales).

Vaccins recombinants

La production de vaccins recombinants fait appel au génie génétique. Les gènes, qui codent pour certaines protéines du virus, sont insérés dans d'autres virus pour produire les vaccins. Par exemple, le gène qui code pour la protéine de fusion (F) du virus de la MN est inséré dans l'*herpesvirus* de la dinde pour produire un vaccin recombinant contre la MN. Cette procédure présente comme avantages d'induire une bonne protection contre la MN (Morgan *et al.*, 1993) mais aussi de pouvoir différencier lors des analyses sérologiques, les anticorps produits, suite à une vaccination et les anticorps induits par une infection par un virus sauvage (Makkey *et al.*, 1999). Le principal inconvénient est son accessibilité pour les pays en voie de développement du fait surtout de son coût élevé.

Les bonnes pratiques d'élevage

Les bonnes pratiques d'élevages constituent un moyen de prévention valable aussi bien dans les pays indemnes que dans les pays où la maladie est présente. En effet, même dans les pays où la vaccination est pratiquée, cette dernière ne suffit pas à elle-seule pour protéger les volailles. Il faut qu'elle soit accompagnée d'un certain niveau de biosécurité qui est apporté par les bonnes pratiques d'élevage.

Les bonnes pratiques d'élevage impliquent la mise en œuvre de mesures de biosécurité. On entend par biosécurité l'ensemble des outils, des mesures et des procédures qui visent à :

- à prévenir l'introduction d'agents pathogènes dans l'élevage ;
- à limiter leur dispersion à l'intérieur du troupeau ;
- à éviter leur persistance dans l'élevage ;
- à éviter leur diffusion à d'autres élevages, s'ils sont présents dans la ferme.

Ces mesures sont applicables pour tout type de maladies. Nous ne prétendons pas développer ici une liste exhaustive de toutes les mesures de protection sanitaire des élevages mais plutôt d'en lister les grandes lignes. Elles consistent en :

- L'isolement et la protection physique ;

- Le contrôle des entrées dans l'élevage ;
- La sectorisation et la maîtrise des circuits ;
- Le nettoyage-désinfection et le vide sanitaire.

L'isolement et la protection physique

Dès la mise en place de l'élevage, il faut éviter autant que possible la proximité avec d'autres élevages, avec les habitations humaines, avec les marchés, avec les routes. Plus l'élevage est isolé, moins il y aura de risque de transmission d'agents pathogènes due à la proximité de sources ou de vecteurs potentiels.

En termes de protection physique, il est important de délimiter les limites de l'exploitation et les limites de la zone d'élevage par des murs pour pouvoir maîtriser les entrées et les sorties.

Les limites de la zone d'élevage entourent les bâtiments d'élevage tandis que les limites de l'exploitation constituent une deuxième clôture à l'extérieur, en entourant en plus de la zone d'élevage, les dépendances, les bâtiments d'habitation et autres bâtiments utiles à l'exploitation.

Le passage de la zone extérieure à la clôture, que cela soit celle de l'exploitation ou celui de la zone d'élevage devrait se faire au travers d'une zone tampon ou SAS. Le SAS sépare un milieu contaminé (extérieur) d'un milieu propre (intérieur). En fonction du contexte, il existe différents niveaux de zone tampon. Pour passer de la zone contaminée à la zone propre, on peut passer du simple portail à un dispositif avec nettoyage-désinfection, douche et changement de vêtement et de chaussures.

Pour les exploitations à haut niveau de biosécurité, les véhicules, avant d'y entrer, passent par une désinfection, notamment des roues, à travers le dispositif appelé rotoluve (dépression du passage rempli de désinfectant) ou par simple pulvérisation des roues. Avant l'entrée dans la zone d'élevage, tout vêtement ou chaussures potentiellement vecteurs passifs sont changés. La plupart du temps, l'entrée dans la zone d'élevage et même dans chaque bâtiment d'élevage doit se faire au travers d'un pédiluve, un dispositif rempli de désinfectant et dans lequel la personne qui entre doit tremper ses chaussures.

En aviculture villageoise, ce type de dispositif représente un investissement trop important pour les éleveurs. Nous discuterons des propositions d'adaptation des bonnes pratiques d'élevage dans le contexte de Madagascar dans le chapitre correspondant.

Le contrôle des entrées

Le contrôle des entrées concerne les animaux, les personnes et tout autre intrant introduit dans l'élevage. Le contrôle des entrées consiste principalement à la vérification de l'origine.

La vérification de l'origine consiste à s'assurer que les volailles, les personnes et les intrants qui entrent dans l'élevage n'ont pas eu de contact au préalable avec le virus de la MN. Puisqu'il est difficile de connaître exactement là où il y a le virus et là où il n'y en a pas, il faut plutôt éviter les origines pour lesquelles les probabilités de contamination sont élevées. Pour les pays où la maladie existe, les filières de commercialisation de volailles vivantes avec des marchés et des collecteurs sont connues comme étant des concentrateurs de volailles malades ou période d'incubation. En effet, il y a souvent le comportement de vente d'urgence de la part des éleveurs en cas de menace ou de présence de la maladie dans les élevages. Introduire des volailles via ce circuit représenterait un risque élevé d'avoir la maladie dans son élevage.

Pour les personnes, il vaut mieux refuser l'entrée dans l'élevage ou exiger des mesures de décontamination (désinfection, changement de vêtements, chaussures, sur bottes) d'une personne qui a fait le tour de plusieurs élevages, notamment en période d'épidémie (agent de santé animale, collecteur...).

La sectorisation et maîtrise des circuits

La sectorisation et la maîtrise des circuits consistent à établir un système de fonctionnement de l'élevage selon les différents niveaux de risque en termes de microbisme⁵ et d'immunité des volailles. En effet, en fonction des catégories d'âge, les animaux les plus jeunes sont toujours plus sensibles aux maladies. De même, les niveaux d'immunité des différentes espèces par rapport aux différents agents pathogènes, incluant la MN, ne sont pas les mêmes. Par exemple, les palmipèdes (oies et canards) peuvent héberger le virus de la MN et il est assez rare qu'ils en présentent les signes cliniques.

En pratique, la sectorisation consiste à :

- Ne mettre dans les mêmes bâtiments que les volailles ayant le même statut (même catégorie d'âge, même état sanitaire) ;
- À ne jamais mélanger les différentes espèces dans les mêmes bâtiments. Idéalement, il vaut mieux ne jamais mélanger plusieurs espèces dans un même élevage.

Pour ce qui est de la maîtrise des circuits, il s'agit de toujours commencer les activités régulières de l'élevage (distribution d'aliment, visite, nettoyage...) par les groupes d'animaux les plus vulnérables et les plus fragiles et terminer par ceux qui peuvent présenter un risque en termes d'infection (les animaux malades...).

En termes de sectorisation et de maîtrise des circuits, la quarantaine et l'infirmerie sont deux locaux particuliers dans l'élevage. La quarantaine est le local où les nouveaux animaux sont gardés pendant un certain temps avant de les mélanger avec le reste des animaux de l'élevage. La quarantaine permet de vérifier s'ils ne sont pas en période d'incubation de la maladie, dans quel cas ils vont en manifester les signes pendant cette période d'observation. La quarantaine permet aussi de réaliser, si nécessaire, des prélèvements pour dépister toute infection éventuelle, mais aussi certaines mesures de prophylaxie médicale (déparasitage, vaccination...) en fonction du programme de prophylaxie de l'élevage. L'infirmerie est le local où les animaux malades sont isolés pour observation et traitement, mais aussi pour éviter qu'ils contaminent les autres animaux. Ces deux locaux sont des locaux à risque et doivent être traités en dernier dans le cadre des activités quotidiennes de l'élevage.

Le nettoyage-désinfection et le vide sanitaire

Le nettoyage-désinfection des bâtiments d'élevage se fait avant l'entrée et à la sortie des bandes de volailles, quand le bâtiment est vide. A la sortie d'une bande, et après le nettoyage-désinfection, le bâtiment est laissé vide pendant un certain temps, variable selon le rythme de l'élevage (au moins une semaine). On parle dans ce cas du vide sanitaire.

L'objectif du nettoyage désinfection et du vide sanitaire est de réduire au minimum le niveau de microbisme dans le bâtiment d'élevage pour que la nouvelle bande qui va entrer soit dans un environnement sain.

La gestion des foyers

Le code sanitaire pour les animaux terrestres de l'OIE, définit les mesures à prendre lorsqu'il y a un foyer de MN, une zone antérieurement indemne (OIE, 2015). Il s'agit d'établir une zone de confinement. Leur mise en œuvre présente surtout un intérêt commercial, notamment pour les pays exportateurs, pour délimiter la zone infectée et conserver le statut indemne en dehors de cette zone. Les mesures à prendre dans la zone de confinement sont :

- Isolement strict ou mise en quarantaine de la zone et contrôle des mouvements d'animaux ;
- Abattage sanitaire des oiseaux infectés et mais aussi des oiseaux exposés au virus, suivi d'une élimination appropriée des carcasses ;
- Nettoyage et désinfection des locaux, suivis d'un vide sanitaire ;
- Contrôle de l'accès et de la sortie de la zone pour éviter l'extension du foyer.

Les mesures prises à l'intérieur du foyer, dans les zones de confinement peuvent être adaptées par les services vétérinaires du pays concernés. Elles sont coûteuses et souvent difficiles à appliquer dans les pays en voie de développement pour des raisons d'ordre socio-économique. Pourtant, c'est dans ces pays qu'il y a surtout l'aviculture villageoise avec de multiples foyers de MN. Alders et Spradbrow (2000), proposent les mesures suivantes :

- Isoler toutes les poules malades ;
- Abattre les poules très malades. Ne pas transporter les poules malades ou mortes vers d'autres régions indemnes de la maladie ;
- Enterrer ou brûler toutes les poules mortes. Si, pour une raison ou une autre, ce n'est pas possible, toute partie de la poule qui n'a pas été utilisée doit être enterrée ou brûlée ;
- Ne pas vacciner les poules qui présentent des signes de la maladie.

La situation de la maladie de Newcastle à Madagascar

L'AVICULTURE À Madagascar

Madagascar est un grand pays d'aviculture. Selon les dernières estimations de la FAO datant de 2014, le cheptel de volailles domestiques à Madagascar est estimé à 37 millions de tête (FAOSTAT, 2015). On y rencontre plusieurs espèces de volailles domestiques et plusieurs types d'ateliers (poules locales ou poulets gasy, poules pondeuses, poulets de chair, oies, canards, canards gras, dindes...). La Figure 1 présente la répartition par espèce de ce cheptel, en considérant que les effectifs de pintades domestiques sont négligeables.

Pour les poulets, selon une estimation basée sur les productions nationales de poulets de chair et de poules pondeuses et les quantités importées pour l'année 2010 (Rakotondrabe, 2013), les poulets de chair et poules pondeuses représenteraient 19 % de la population de poulets. Cela représente environ 5 millions de têtes, si on considère la dernière estimation du cheptel de poulets.

⁵ Niveau de contamination d'un milieu par un agent pathogène donné.

Ces volailles sont élevées dans des systèmes très divers qu'on peut classer de façon simplifiée en élevages : villageois, artisanal et industriel (Rasamoelina-Andriamanivo, 2011) :

- L'aviculture villageoise, largement majoritaire, regroupe les élevages traditionnels de poulets, de canards, d'oies et de dindes. Selon une étude de filière réalisée en 2004 (Ocean consultant, 2004), l'aviculture villageoise occupe plus de 2/3 de la population rurale. La taille des élevages va de quelques têtes à une centaine de volailles. Les animaux divaguent pendant la journée pour se nourrir, puis sont logés dans des abris sommaires ou dans la maison de l'éleveur la nuit. Certains éleveurs donnent un peu de compléments, notamment des grains de riz ou de maïs chaque matin à la sortie des animaux. Les volailles sont destinées à l'autoconsommation ou vendues vivantes aux collecteurs ou dans des marchés.
- Les élevages artisanaux avec notamment les poulets de chair et les poules pondeuses en milieu périurbain, relèvent d'une logique purement commerciale de nature entrepreneuriale. La taille des élevages varie d'une cinquantaine à quelques milliers de volailles. On peut aussi associer à ce groupe, les élevages de coqs de combat et les élevages de canards gras, mais avec un effectif beaucoup moins important (une dizaine à une centaine de volailles). Par rapport à l'élevage traditionnel, beaucoup plus de soins sont apportés aux animaux en élevage artisanal avec notamment la présence de clôture, un bâtiment d'élevage, une alimentation systématique et une main d'œuvre plus importante.
- Enfin, il y a des élevages de type industriel représentés principalement par les accouvoirs, avec une intégration verticale allant de la fabrication et vente d'aliment, vente de poussins, suivis d'élevages et vente de carcasses de poulets adultes. Les mesures de biosécurité sont importantes (clôture, bâtiments, nettoyage-désinfection, vide sanitaire, plan de prophylaxie...). Les entreprises qui font ce type d'élevage font appel à un personnel qualifié (vétérinaires, ingénieurs, techniciens supérieurs). Actuellement, il y a principalement 2 entreprises (AVITECH et AGRIFARM) qu'on peut classer dans cette catégorie.

Cette importance de l'aviculture villageoise et de l'aviculture artisanale est connue au niveau mondial, notamment dans les pays en voie de développement avec par exemple 85% de la production avicole en Afrique, 65 % au Vietnam et 85 % en Thaïlande (Renard, 2010). La place de ce type d'élevage dans ces pays (incluant Madagascar) est importante aussi bien en terme économique qu'en tant que source de protéines pour les populations. Le contexte économique, la densité de population et le nombre important de petits élevages familiaux font que ces derniers sont très importants et le resteront encore pour plusieurs années (Awan *et al.*, 1994).

Tableau 1 : Chiffres d'affaire de l'aviculture malgache
(Source : Rakotondrabe, 2013)

Type d'aviculture	Chiffre d'affaire	
	En milliards d'Ariary	En millions d'Euro
Poulets gasy et palmipèdes	106,5	30,4
Poulets de chair	33,5	9,6
Poules pondeuses	82,8	23,7
Total	222,8	63,7

Pour Madagascar, sur le plan économique, le Tableau 1 présente les chiffres d'affaire générés par l'aviculture, excluant l'élevage industriel. Le chiffre d'affaire total est de 222,8 milliards d'ariary. Le fait que l'ensemble poulets gasy et les palmipèdes génèrent plus de chiffre d'affaire que les poulets de chair ou les poules pondeuses, montre l'importance économique de l'aviculture villageoise.

Une maladie ancienne et connue des éleveurs

La MN a été signalée à Madagascar depuis 1946 (Rajaonarison, 1991) et elle est rapidement devenue enzootique⁶. Elle est connue des éleveurs. En fonction des localités, différentes dénominations lui sont attribuées : « barika », « ramoletaka akoho », « moafon'akoho », « ramibomogno » ou « pesta akoho ». Toutefois, les manifestations cliniques de la MN peuvent porter à confusion avec d'autres maladies, notamment le choléra aviaire, une autre maladie aviaire très meurtrière mais d'origine bactérienne. La considération des techniciens veut que le terme « barika » soit associée au choléra aviaire et le terme « pesta akoho » soit associé à la MN. Mais en réalité, les éleveurs utilisent de façon indifférenciée les 2 termes pour indiquer l'une ou l'autre des deux maladies dont ils ne font pas du tout ou très peu la différence. En général, ces appellations signalent la gravité et l'importance de la maladie aviculture villageoise (Maminiaina *et al.*, 2007). En effet, ces maladies aviaires sont à l'origine, chaque année de mortalités réduisant de plus de 90 % les cheptels aviaires des élevages atteints.

La circulation des souches de virus dans le pays

Les avancées technologiques en matière de biologie moléculaire permettent maintenant de réaliser des analyses poussées des génomes des virus et d'en différencier plusieurs types appelés génotypes. Dans le cadre de travaux sur la caractérisation des virus de la MN qui circulent sur les hautes terres de Madagascar, Maminiaina a mis en évidence en 2011, trois génotypes à partir de dix isolats de virus : le génotype I, le génotype III et le génotype XI.

Le génotype I, connu chez des oiseaux sauvages, a été effectivement isolé sur deux oiseaux sauvages. Le génotype III correspond à la souche vaccinale utilisée pour l'aviculture villageoise. Il a été isolé sur des volailles apparemment saines. Le génotype XI, spécifique à Madagascar, est celui qui circule le plus et qui est responsable des différents foyers de la maladie.

L'importance épidémiologique de la maladie

La description de l'importance épidémiologique peut se faire via sa fréquence, son importance médicale, c'est-à-dire la mortalité qu'elle entraîne, sa répartition géographique et sa répartition dans le temps.

Fréquence et importance médicale

Du fait de la ressemblance clinique et la confusion entre la MN et d'autres maladies aviaires, notamment le choléra aviaire, nous n'allons considérer ici que les études pour lesquelles il y a eu des confirmations de laboratoire. Parmi ces diagnostics de laboratoires, il y a les analyses sérologiques qui vont donner des prévalences sérologiques (proportion d'animaux positifs au test de laboratoire parmi les animaux testés). Ces prévalences sérologiques témoignent d'un contact avec le virus (infection sauvage ou vaccination).

Nous allons décrire la fréquence et l'importance médicale de la MN à travers quatre études.

⁶ Maladie contagieuse présente en permanence dans une zone géographique donnée.

Suivi de troupeaux à Ambohimangakely et à Moramanga en 1999-2000

Trente éleveurs de poulets ont été suivis de mai 1999 à juin 2000 (Koko *et al.*, 2000 ; Maminiaina *et al.*, 2007). Plusieurs données dont la dynamique des troupeaux, les mortalités, les maladies, la vaccination, ont été relevées. Deux enquêtes sérologiques transversales, c'est à dire à un moment précis dans le temps, ont été réalisées en juin puis en octobre 1999. Les échantillons ont été analysés par inhibition de l'hémagglutination.

Ces enquêtes sérologiques ont donné une prévalence sérologique de 20,6 % (n=68) pour le mois de juin 1999 et de 72,2 % (n=74) pour le mois d'octobre 1999. La mortalité associée à la MN, pendant l'année de suivi était de 24 % (n=2236). Cela signifie que la MN a tué 24 % des 2 236 poulets présents, pendant la période d'étude. Par ailleurs, si on prend toutes les causes de mortalité de poulets (les écrasements par les voitures, les maladies, prédateurs...), la MN représentait 44 % des 1 220 mortalités enregistrées. Elle constituait ainsi la première cause de mortalité des poulets.

Enquête transversale dans 18 localités de Madagascar en 1999

Une enquête transversale a été réalisée par Porphyre en 1999. Les prélèvements ont été effectués de juin à septembre dans 18 localités réparties sur toute l'île (Figure 2). La prévalence sérologique était de 36,5 % (n=191). Toutes les zones géographiques sont infectées sans différences significatives.

Enquête transversale dans le Grand-Antananarivo et au Lac Alaotra en 2008

Rasamoelina-Andriamanivo *et al.*, (2012), ont effectué, en août 2008, une enquête transversale sur la MN dans la zone du Lac Alaotra (Ambatondrazaka et Amparafaravola) et dans le Grand-Antananarivo (rayon de 100 km autour de la capitale, allant d'Andramasina, Mahitsy jusque dans la région d'Itasy). Sur les 778 volailles non vaccinées prélevées et analysées par un test ELISA, la prévalence sérologique était de 60 %. La différence de prévalence entre les deux zones d'étude était statistiquement significative avec une prévalence plus élevée au Lac Alaotra par rapport à Antananarivo (73 % vs 56 %).

Surveillance épidémiologique au Lac Alaotra en 2010 et en 2012

Dans un cadre de recherche, une surveillance épidémiologique des maladies aviaires, principalement la MN, avait été mise en place dans la zone du Lac Alaotra (Ambatondrazaka et Amparafaravola). La période de surveillance s'était étalée pendant toute l'année 2010, dans le cadre du projet GRIPAVI, puis 6 mois supplémentaires ont été effectués dans le deuxième semestre 2012, dans le cadre du projet PARRUR Newcastle.

En 2010, plusieurs méthodes de surveillance ont été associées pour surveiller les 357 localités (Fokontany et points de collecte) de la zone d'étude :

- une surveillance participative qui incluait la participation des chefs de village. Ce type de surveillance permettait de détecter beaucoup de foyers mais surtout de façon rétrospective, donc après la survenue des foyers ;
- une surveillance événementielle, dans laquelle le dispositif de terrain permettait une alerte précoce et la descente d'une équipe mobile pour réaliser des prélèvements et faire une enquête épidémiologique sur les foyers ;
- une surveillance basée sur le risque, pour laquelle, seuls les trois plus grands marchés ont été surveillés. En cas d'alerte, c'est-à-dire de cas suspect de MN au niveau de ces marchés, une enquête de traçage des foyers en amont et en aval du marché était effectuée. Cette composante surveillance ciblée était a été réalisée seulement en 2012.

En termes de résultats, en 2010, la surveillance participative a permis de détecter 151 foyers dont 35 étaient aussi détectés via la surveillance événementielle et donc investigués. Parmi les 35 foyers investigués, seuls 31 ont fait l'objet de prélèvements biologiques et 84 % ont été confirmés par PCR, comme étant dus à la MN. Les composantes participative et événementielle étant réalisées par les mêmes acteurs de terrain, on peut supposer que les 84 % représentent la qualité ou plus précisément la spécificité de leur détection des foyers de MN. Le tableau 2 présente les indicateurs épidémiologiques associés aux foyers confirmés de MN.

Tableau 2 : Indicateurs épidémiologiques décrivant l'importance médicale de la maladie de Newcastle dans les foyers confirmés (n=26) au Lac Alaotra en 2010
(Source : Rasamoelina-Andriamanivo, 2011)

Indicateur épidémiologique	Moyenne [min - max]		
	Poulets	Canards	Oies
Mortalité	48 % [18-75]	14 % [0-86]	5 % [0-26]
Létalité	85 % [63-98]	64 % [0-100]	82 % [0-100]

Ces résultats nous indiquent que :

- la MN est la principale cause des foyers de maladies aviaires meurtrières au niveau des élevages villageois. En effet, elle représentait 84 % des foyers dans cette étude ;
- La MN est très fréquente puisqu'il y a eu 151 foyers suspects sur les 357 localités surveillées soit 42 % ;
- C'est une maladie meurtrière, notamment pour les poulets car elle a tué 48 % des poulets présentes dans le village au moment du foyer. De même 85 % des poulets malades sont morts par la suite ;
- Les palmipèdes sont concernés par la MN, même si cela est très rare dans la littérature. Les différences de chiffres entre la mortalité et la létalité indiquent que la maladie n'a concerné qu'une faible proportion de la population de palmipèdes (14 % et 5 % respectivement pour les canards et pour les oies). Cependant, la grande majorité de ceux qui sont tombés malades en sont morts, avec une létalité plus faible chez les canards comparés à l'oie (64 % vs 82 %). Selon les éleveurs, les palmipèdes mourraient très vite de la maladie. L'équipe d'investigation avait du mal à trouver des palmipèdes en pleine manifestation clinique pendant l'étude. Cependant, les analyses PCR ont montré 8 canards et 10 oies positifs, même s'ils étaient apparemment sains. Ce résultat montre aussi la possibilité d'un portage sain par les palmipèdes.

En 2012, il n'y a pas eu de composante investigation et description des foyers. Mais la surveillance participative a montré qu'il y a eu encore plus de foyers suspects pendant les 6 mois de surveillance. On est passé à 294 foyers suspects sur les 357 localités surveillées soit 82 %. La surveillance ciblée a permis de détecter 282 foyers suspects parmi les 294 sus-cités. (Rasamoelina-Andriamanivo *et al.*, In Prep).

Variation dans le temps

La variation dans le temps montre les différences de fréquence de la maladie entre les différents mois de l'année, et éventuellement sur plusieurs années.

Deux études nous permettent de faire cette description de l'évolution de la MN selon le temps : le suivi de troupeaux réalisé par Maminiaina *et al.* en 1999-2000 (Maminiaina *et al.*, 2007) et la surveillance épidémiologique réalisée au Lac Alaotra en 2010 et en 2012.

La Figure 3 montre l'évolution mensuelle de la survenue des cas de MN lors du suivi de troupeaux à Moramanga et à Ambohimangakely. L'incidence est l'indicateur épidémiologique montrant la proportion de nouveaux cas parmi la population exposée pendant la période d'étude.

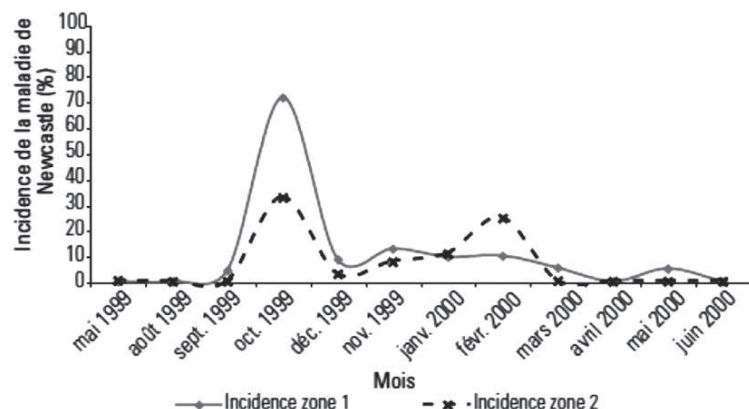


Figure 3 : Évolution intra-annuelle de l'incidence de la maladie de Newcastle lors du suivi de 30 élevages sis à Ambohimangakely (zone 1) et à Moramanga (zone 2), Madagascar, en 1999-2000
(Source : Maminiana *et al.*, 2007)

La Figure 4 montre le résultat de la surveillance participative réalisée au Lac Alaotra en 2010 (Rasamoelina-Andriamanivo, 2011). L'histogramme a été construit à partir de la perception de fréquence de la maladie de Newcastle par les éleveurs. Chacune des 357 localités sous surveillance était représentée lors de ces ateliers participatifs.

Les résultats des deux études sont concordants. La MN survient toute l'année mais il y a une saisonnalité de l'occurrence de la maladie. La période d'occurrence maximale, ou le pic, a lieu en septembre et octobre, c'est-à-dire vers la fin de la saison sèche chaude.

En termes de variation interannuelle, on peut supposer qu'il existe. En effet, les résultats de la surveillance au Lac Alaotra en 2010 et en 2012, montrent déjà une différence significative. Le nombre de foyers suspects de MN est passé de 151 (42 %) à 294 (82 %). Toutefois, une surveillance à plus long termes sur une même population serait nécessaire pour mieux évaluer cette évolution interannuelle de cette maladie.

Variation dans l'espace

La MN est réputée exister sur tout le territoire malgache. Mais il n'y a pas de données suffisantes pour décrire les variations d'occurrence entre les différentes localités. Par contre, l'étude de prévalence réalisée en 2008 au Lac Alaotra et dans le Grand-Antananarivo (Rasamoelina-Andriamanivo *et al.*, 2012) a bien montré une différence significative entre ces deux zones. Ce résultat suggère donc que les prévalences de la MN peuvent varier entre les différentes localités. Si on veut identifier les zones et les localités les plus à risque en termes de foyers de MN, d'autres études de surveillance sur une couverture plus large seraient nécessaires.

Les facteurs de risque de la maladie de Newcastle à Madagascar

Facteurs associés à l'agro-écosystème

La différence significative des prévalences sérologiques au Lac Alaotra et à Antananarivo pourrait s'expliquer par les différences des deux zones sur le plan agro-écosystème (Rasamoelina-Andriamanivo, 2012). En effet, les différences majeures entre ces deux zones sont :

- La présence d'une surface très importante de rizières au Lac Alaotra, la première zone de production rizicole du pays ;
- La présence d'un plan d'eau important (le Lac Alaotra étant le plus grand lac du pays) ;
- La fréquentation du lac Alaotra par de multiples espèces d'oiseaux sauvages ;
- La densité de palmipèdes dans la région du lac Alaotra qui est la première zone de production d'oies du pays. Cette population importante de palmipèdes implique une mixité des élevages avec quelquefois les palmipèdes et les poulets qui sont logés dans un même bâtiment exigu, favorisant la transmission interspécifique du virus. En effet, même si les résultats de surveillance (Rasamoelina-Andriamanivo, 2011) ont montré la possibilité d'avoir des palmipèdes porteurs sains du virus.

Ces différents éléments sont déjà connus dans la littérature comme étant des facteurs de risque de la MN dans d'autres endroits (Alexander, 2003 ; Otim-Onapa *et al.*, 2006).

Facteurs associés à la commercialisation

Dans l'étude transversale réalisée en 2008 au Lac Alaotra et dans le Grand-Antananarivo, une typologie d'élevage avait été réalisée selon l'exposition aux facteurs de risque de MN. Les types d'élevage identifiés ont ensuite été comparés en termes de prévalence. Les résultats ont montré que les types d'élevage fréquentés par les collecteurs de volailles ou d'œufs avaient une prévalence plus élevée de la MN. D'ailleurs, les éleveurs et les rapports d'études (Maminiana *et al.*, 2007 ; Rajaohirinirina, 2003) qui ont eu lieu jusque-là, rapportent tous cette suspicion par rapport au rôle joué par les intervenants des filières dans la dissémination de la MN.

Le rôle des marchés de volailles vivantes dans la concentration d'animaux infectés puis leur diffusion entre les différents villages, constituent une des hypothèses fortes de facteurs de risque. Ils sont connus des éleveurs comme un comportement à risque. En 2010, ce lien entre le réseau de commercialisation et la diffusion du virus de la MN a été établi au Lac Alaotra (Rasamoelina-Andriamanivo *et al.*, 2014). Plus un Fokontany avait des connexions commerciales avec les autres Fokontany et plus il était le carrefour en termes de commerces de volailles, plus le risque d'avoir un foyer de Newcastle était élevé.

La dynamique du cheptel et la saison

La dynamique intra-annuelle de la MN, avec le pic épidémique en septembre et octobre, amène à penser à l'impact de la saison. L'explication de ce pic relève en fait de plusieurs aspects (Maminiana *et al.*, 2007 ; Rasamoelina-Andriamanivo, 2011) :

- L'augmentation de la taille du cheptel aviaire « naïf » dans les villages. En effet, les périodes de ponte des poules ont souvent lieu après les périodes de récolte de riz du fait de la disponibilité alimentaire. Cette période va d'avril à juillet. Ces jeunes volailles gardent leurs anticorps maternels jusqu'à 4 semaines d'âge au plus et deviennent ensuite complètement sensible au virus (Allan et Gough, 1974). Il y a alors une concentration importante de jeunes poulets de quelques mois en septembre et octobre ;
- La période de septembre-octobre correspond à une intersaison entre la saison sèche chaude et la saison pluvieuse. La forte chaleur et cet effet intersaison pourraient être une source de stress pour les volailles en les rendant plus fragiles ;
- C'est aussi la période de rentrée des classes, et il y a généralement une augmentation importante des ventes de volailles par les éleveurs pour subvenir au frais de scolarisation. L'augmentation du flux de volailles vendus et qui intègrent le circuit de commercialisation, pourrait aggraver la diffusion de virus entre les villages.

Un effet saison, combiné avec la dynamique du cheptel pourrait donc expliquer ce pic. La transmission serait ensuite favorisée par l'intensification de la commercialisation.

Les impacts socio-économiques de la maladie de Newcastle à Madagascar

L'étude économique basée sur les données de 2010 (Rakotondrabe, 2013) a estimé le chiffre d'affaire de l'aviculture malgache (Tableau 1) mais aussi les impacts socio-économiques annuels de la MN, notamment pour l'aviculture villageoise. Le coût annuel de la MN pour l'aviculture villageoise est évalué à 15,7 milliards d'Ariary (4,5 millions d'euros) soit 15 % du chiffre d'affaire de la filière. Ce coût se décompose en coût de mortalité (15,4 milliards d'Ariary) et en coût de vaccination (0,3 milliards d'Ariary). Les calculs de ces coûts étaient basés sur la fréquence et la mortalité dues à la MN, lors de la surveillance au Lac Alaotra en 2010. Cependant, on sait qu'en 2012, il y a eu une augmentation significative de la fréquence des foyers de maladie. Cela implique qu'en fonction des années, ce coût de la MN peut encore varier considérablement.

Pour les élevages de poulets de chair ou de poules pondeuses, nous n'avons pas de données sur la fréquence des maladies. Normalement, la vaccination devrait limiter l'impact de la maladie puisqu'elle y est normalement systématique. Cependant, on sait que tous les éleveurs ne vaccinent pas, soit par choix, soit par problème d'accès au vaccin (nombre de doses, coûts...) (Figuié et Rasamoelina-Andriamanivo, 2008). Pendant les différentes études effectuées, les éleveurs rapportaient la présence quelquefois de la maladie de Newcastle dans leurs élevages. Mais, il faudrait encore d'autres études pour pouvoir quantifier la fréquence et les impacts de la MN dans ce type d'élevage.

Les stratégies de lutte à déployer à Madagascar

Les services vétérinaires sont l'autorité compétente en matière de gestion de la lutte contre les maladies infectieuses animales comme la MN. Nous ne prétendons pas formuler le programme national de lutte contre cette maladie. Il s'agit d'une synthèse des résultats des travaux de recherche effectués sur la

MN dans le cadre des projets GRIPAVI et PARRUR Newcastle, tous deux financés par la Coopération française. A partir des expériences reçues via les différentes activités de recherche, nous formulons aussi quelques recommandations ou propositions en termes de stratégies de lutte.

LE RÔLE CLÉ DE LA SURVEILLANCE ÉPIDÉMIOLOGIQUE

Intérêts

Dans le contexte de Madagascar, il y a deux principales raisons qui justifient la surveillance épidémiologique de la MN :

- D'abord parce qu'il faut être capable de mesurer l'évolution de la fréquence de la maladie dans le temps et entre les différentes localités. Il est en effet important de suivre la progression de la maladie pour décider des mesures de contrôles adéquates (mettre en place, poursuivre ou encore réorienter les mesures de lutte).
- Ensuite, parce que seule la surveillance permet de mettre en place un système d'alerte précoce. Même s'il y a régulièrement des foyers de la maladie un peu partout sur le territoire, on sait que l'importance de ces foyers peut varier de façon considérable. Nous avons vu par exemple au Lac Alaotra, que le nombre de suspicions de foyers de MN est passé de 151 à 294 entre 2010 et 2012. Identifier précocement le départ des foyers permettrait d'en limiter l'expansion. Les mesures de contrôle qui vont dans ce sens seront développées dans une section ultérieure de ce document.

Comparaison de différentes méthodes de surveillance

Plusieurs méthodes de surveillance de la MN ont été comparées dans la zone du Lac Alaotra : surveillance passive, surveillance participative et surveillance ciblée.

La surveillance passive consistait en l'implication des chefs de Fokontany, des vétérinaires et de leurs réseaux de techniciens et d'agents communautaires de santé animale. Ces acteurs de terrain alertaient l'équipe d'animation en cas de foyer suspect de la maladie (équipe locale du FOFIFA/DRZV et du service vétérinaire régional). L'équipe descendait sur place pour faire des prélèvements et effectuer une enquête d'investigation de foyer.

La surveillance participative impliquait les mêmes acteurs que la surveillance passive. Mais l'équipe d'animation descendait sur le terrain, dans chaque commune, pour réaliser des ateliers participatifs avec ces acteurs de terrain. Ces ateliers permettaient de décrire tous les foyers de maladie aviaire qui se sont passés dans les différentes localités et de vérifier s'il y a eu la MN.

Pour ce qui est de la surveillance ciblée, elle a été possible grâce aux résultats préalables des projets de recherche sur la caractérisation du réseau de commercialisation de volailles et la circulation du virus de la MN en son sein. Les postes de surveillance étaient occupés par des commerçants au niveau des trois plus grands marchés de volailles du Lac Alaotra (Morarano Chrome, Madiotsifafana-Ambatondrazaka et Imerimandroso). En cas de suspicion de MN au niveau de ces marchés, ces commerçants avertissaient l'équipe d'animation. Une enquête téléphonique de traçage du foyer (Eames et Keeling, 2003 ; Keeling et Eames, 2005) via le circuit de commercialisation était effectuée pour vérifier s'il y a la maladie dans les Fokontany, en amont et en aval du marché.

La comparaison de ces différentes méthodes de surveillance a été basée sur les critères suivants :

- La sensibilité : c'est la capacité de détection de foyers de MN par la méthode de surveillance ;
- La spécificité : c'est la capacité de la méthode de surveillance à détecter de vrais foyers, ou en d'autres termes, d'éviter les fausses alertes ;
- Le coût de la mise en œuvre qui est toujours un critère primordial ;
- La promptitude : c'est la rapidité de la méthode pour détecter les foyers, ou en d'autres termes l'alerte précoce.

La surveillance passive avait l'avantage de permettre une alerte précoce, avec une possibilité de descente, d'investigation des foyers et d'intervention pour en limiter l'expansion. Les prélèvements et analyses biologiques étaient possibles et par conséquent, les diagnostics étaient bien établis. Mais cette méthode de surveillance coûtait cher et souffrait d'un manque de sensibilité. En tout, elle n'avait détecté qu'un tiers des foyers qui ont eu lieu pendant la période d'étude.

La surveillance participative avait comme principaux avantages un coût faible et une capacité de détection élevée. En effet, réalisée avec les mêmes acteurs que la surveillance passive, elle avait permis de détecter cinq fois plus de foyers que cette dernière. En termes de spécificité, on se base sur la connaissance des acteurs de terrain. Les résultats ont montré que 84 % des suspicions de ces acteurs de terrain étaient réellement des foyers de MN, ce qui représente une bonne spécificité. Mais l'inconvénient de cette méthode est qu'elle ne permet pas de faire de l'alerte précoce puisque la détection des foyers se fait de manière rétrospective pendant les ateliers participatifs. L'autre difficulté associée à cette méthode est sa dépendance vis-à-vis de la motivation des participants. Quelquefois, les acteurs de terrain ont demandé une compensation, comme avec les grands projets de développement, pour participer aux ateliers participatifs. Cette compensation, si elle était, impacterait sur le coût total.

La surveillance ciblée a permis une bonne détection (96 % des foyers ont été détectés). Le coût était faible puisque la surveillance sur le terrain ne concernait que trois endroits et que le reste était fait par téléphone. La spécificité est au moins la même que lors de la surveillance participative puisque c'était les mêmes acteurs de terrain. Mais la surveillance ciblée permettait aussi une alerte précoce voire même une prédiction de certains foyers. En effet, l'appel téléphonique des Fokontany à risque, permettait de vérifier s'il y avait déjà un foyer ou non, mais elle permettait aussi de prévenir les acteurs de terrain que la probabilité de survenue de foyer était élevée. Cette détection précoce des foyers pouvait permettre d'envoyer une équipe pour faire des prélèvements biologiques pour confirmer le diagnostic et améliorer ainsi la spécificité. Le principal inconvénient de cette méthode était qu'elle demandait une appropriation de l'outil développé spécifiquement pour identifier les Fokontany à risque à appeler en fonction de l'origine des volailles malades détectées au niveau des marchés.

Le Tableau 3 présente une synthèse de la comparaison de ces 3 méthodes de surveillance.

Ces méthodes de surveillance comparées étaient toutes de la surveillance locale, limitée à la zone du Lac Alaotra, leur mise à l'échelle au niveau national est une autre question. On peut supposer que les avantages et les inconvénients resteraient les mêmes pour la surveillance passive et la surveillance participative. Mais pour ce qui est de la surveillance ciblée, la caractérisation du risque est une étape préalable. Les résultats, pour le Lac Alaotra avait donné une possibilité d'application opérationnelle en termes de surveillance. Mais on ne sait pas ce qu'il pourrait en être pour les autres régions. En tout cas, la surveillance ciblée, telle qu'elle a été réalisée au Lac Alaotra n'est pas extrapolable en l'état à d'autres régions de Madagascar.

Tableau 3 : Synthèse de la comparaison de trois méthodes de surveillance de la maladie de Newcastle au Lac Alaotra, Madagascar en 2010 et en 2012

Types de surveillance	Sensibilité	Spécificité	Coût *	Alerte précoce
Surveillance passive	+	++++	+	++++
Surveillance participative	++++	++	+++	+
Surveillance ciblée	+++	+++	++	++++

* Coût : le nombre de + est faible si le coût est élevé (c'est-à-dire moins avantageux)

La surveillance sentinelle

Actuellement, avec l'appui de la Commission de l'Océan Indien et dans le cadre du réseau régional SEGA One health, la Direction des Services Vétérinaires (DSV) a mis en place en 2014 un nouveau système de surveillance (DSV, 2015). Il s'agit d'une surveillance sentinelle, basée actuellement sur 22 vétérinaires sanitaires répartis dans 18 régions de Madagascar (Figure 5). Cette couverture géographique est censée évoluer avec un plus grand nombre de vétérinaires sentinelles. La MN fait partie des maladies surveillées par ce nouveau système.

En termes de performances, ce nouveau système de surveillance est intéressant puisqu'il couvre les grandes zones d'élevage du pays. De même, la promptitude devrait être très bonne puisque la transmission des données se fait via une application sur smartphones vers une base de données en ligne et accessible en temps réel par la DSV. Les vétérinaires sentinelles bénéficient de formations continues régulières, ce qui devrait garantir un certain niveau de qualité des données et de spécificité des alertes transmises. Mais comme toute surveillance sentinelle, en termes de sensibilité, seuls les foyers dans les sites sentinelles peuvent être détectés. Pour donner un exemple, pour la période de juillet à octobre 2015, ce système de surveillance a détecté 107 foyers de MN.

Par rapport aux intérêts de la surveillance de la MN, ce système mis en place par la DSV répond bien à l'objectif de suivi de l'évolution de la MN. Il répond aussi à l'objectif d'alerte précoce pour les sites sentinelles qu'il couvre.

La vaccination à Madagascar

La situation de la vaccination anti-Newcastle

Plusieurs vaccins contre la MN sont commercialisés à Madagascar. Ils sont fabriqués essentiellement à partir de trois souches : La Sota, Hichner B1 et Mukteswar. Les deux premières sont des souches lentogènes et la souche Mukteswar est une souche mésogène. Dans les élevages de poulets de chair et de poules pondeuses, les éleveurs utilisent principalement les vaccins à base des souches La Sota ou Hichner B1. En revanche, les éleveurs villageois utilisent généralement le vaccin PESTAVIA* (souche Mukteswar) qui est produit par l'Institut malgache des vaccins vétérinaires (IMVAVET).

Les essais expérimentaux et en milieu réel effectués ont tous montré l'efficacité de ces différents vaccins sur les souches circulantes du virus de la MN (Andriamanalina, 2001 ; Koko *et al.*, 2006 ; Maminiaina, 2011).

La couverture vaccinale contre la MN en aviculture villageoise est faible. En vérifiant les déclarations à l'OIE sur le nombre de doses vendues et la littérature traitant du sujet, le taux de vaccination au niveau national est en deçà de 10 % (Maminiaina, 2011 ; Rakotondrabe, 2013). En revanche, pour ce qui est des élevages de poules pondeuses et de poulets de chair, la vaccination contre la MN fait partie du programme de prophylaxie proposé par les accoueurs. Normalement, pour ces types d'élevage, la couverture vaccinale devrait être de 100 %. Mais les études effectuées (Figuié et Rasamoelina, 2008) ont montré que certains éleveurs ne font pas ces vaccinations.

LES CONTRAINTES DE LA VACCINATION

La faible couverture vaccinale

Une couverture vaccinale inférieure à 10 % est faible. Pourtant, le vaccin utilisé en aviculture villageoise est abordable en termes de prix puisque le prix d'un flacon de vaccin est l'équivalent du prix d'un poulet. Le problème du nombre de doses souvent soulevé comme une limite pour les éleveurs villageois (Alders et Spradbrow, 2000) ne devrait pas se poser car le vaccin est vendu par flacon de 50 doses. L'efficacité du vaccin a été prouvée (Koko *et al.*, 2006 ; Maminiaina, 2011). La couverture sanitaire en termes de vétérinaires est de 150 vétérinaires sanitaires pour toute l'île, avec chacun un réseau de techniciens. Il y a aussi les agents communautaires de santé animale formés par les ONG, notamment par Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières (AVSF), qui sont localisés au niveau des Fokontany. Enfin, il y a les vaccinateurs villageois formés par l'IMVAVET même, sous différentes dénominations (paysans vaccinateurs, chrétiens vaccinateurs...). La question se pose alors : « pourquoi le taux de vaccination est faible alors que le vaccin existe, le coût est abordable, l'efficacité a été prouvée et surtout la maladie tue et les pertes économiques sont importantes ? ». Deux études ont été effectuées pour répondre à cette question, l'une dans le Grand-Antananarivo (Figuié et Rasamoelina-Andriamanivo, (2008) dans le cadre du projet GRIPAVI, et l'autre au Lac Alaotra (Razandrampela, 2015) dans le cadre du projet PARRUR Newcastle.

L'étude sur la perception de la vaccination par les éleveurs, réalisée à Antananarivo en 2008, a montré la logique des éleveurs par rapport à la vaccination. Il a été démontré que le fait de vacciner ou non les volailles ne relève pas d'un manque de connaissance ou de volonté mais est lié à une logique sociotechnique et au système existant. Les mesures prises ne sont pas uniquement ou forcément préventives, comme la vaccination. Mais elles peuvent aussi être des mesures d'atténuation des pertes, comme vendre les malades ou les manger. Certains types d'élevages, comme les canards gras ou les élevages de basse-cour avec très peu d'animaux se désintéressent de la vaccination. Les canards gras, parce qu'ils sont peu sensibles à la maladie et les petits élevages de basse-cour, parce qu'ils consomment les poulets en cas de mortalité. L'ensemble de ces éléments contribue à expliquer le faible taux de vaccination en aviculture villageoise. Par ailleurs, pour les élevages de poules pondeuses, certains éleveurs artisanaux ayant un faible effectif (< 200 têtes) sont dépendants de grands éleveurs (> 500 têtes) pour avoir le vaccin. En effet, ce type d'élevage utilise principalement les vaccins importés, conditionnés sous forme de 500 ou 1 000 doses. Pour ne pas perdre en achetant ces vaccins, ces éleveurs artisanaux préfèrent attendre le surplus de doses chez les grands éleveurs.

Les travaux réalisés au Lac Alaotra en 2013 sur les déterminants socio-économiques de la vaccination contre la maladie de Newcastle montrent que :

- Les éleveurs qui ne vaccinent pas, ont un petit cheptel. Leur résilience par rapport à la maladie est plus élevée. Ils ne connaissent ni les vaccins et leurs prix, ni les vaccinateurs car ils ne sont pas intéressés.

- Les femmes et les personnes âgées ayant un niveau d'étude basique constituent un profil qui ne vaccine pas. Pourtant, ce profil constitue une proportion importante des éleveurs en milieu rural. Ce sont donc des groupes cibles majeurs.

L'accès au vaccin n'a pas été identifié comme un facteur limitant au Lac Alaotra. En effet, c'est l'une des régions qui a la meilleure couverture sanitaire. On dénombre une dizaine de vétérinaires avec leurs réseaux de techniciens et de vaccinateurs. Il y a aussi une quarantaine d'ACSA⁷, affiliés aux vétérinaires, et dont la vaccination contre la MN constitue l'une des activités majeures. Par ailleurs, au vu de l'importance des foyers, la Direction Régionale de l'élevage (DIREL) a organisé, avec la contribution de plusieurs partenaires locaux (association des vétérinaires, les ACSA, le projet BV Lac, la Région...), une campagne de vaccination officielle. L'ensemble de ces facteurs explique que le taux de vaccination au Lac Alaotra soit beaucoup plus élevé par rapport aux autres régions de l'île. En 2013, selon une étude réalisée dans cette région dans le cadre de PARRUR Newcastle, le taux de vaccination des poulets était de 41 %.

Pour ce qui est du reste du pays, il faudrait aussi identifier les déterminants de l'adoption ou non de la vaccination pour comprendre les raisons du faible taux de vaccination et prendre les mesures pour l'améliorer. Cependant, un facteur limitant connu porte sur le problème de la chaîne du froid puisque les vaccins disponibles localement sont tous des vaccins thermosensibles. Comme dans beaucoup de pays en voie de développement, l'insuffisance de l'électrification rurale limite la mise en place de cette chaîne du froid. C'est l'une des raisons majeures qui ont amené au développement des vaccins thermotolérants. Des recherches sont en cours actuellement au niveau de l'IMVAVET et du FOFIFA/DRZV pour mettre au point un vaccin local utilisant la souche I-2.

L'excrétion virale

Les différents vaccins disponibles et utilisés à Madagascar sont efficaces pour protéger les volailles contre la maladie clinique. Mais les animaux vaccinés continuent à excréter le virus sauvage jusqu'à 2 semaines après l'infection (Maminiaina, 2011). De plus, la souche Mukteswar utilisée dans le vaccin vivant (PestaviaND), est excrétée par les volailles vaccinées. L'excrétion des souches sauvages malgré la vaccination suppose que la vaccination n'est pas une mesure suffisante pour arrêter la transmission des virus entre les oiseaux, même si elle la réduit (Alders et Spradbrow, 2000). Par ailleurs, le vaccin à base de la souche Mukteswar est celui qui est le plus utilisé en aviculture villageoise. Le fait qu'il soit excrété par les animaux vaccinés pourrait constituer un problème. En effet, les phénomènes de recombinaisons des virus vaccinaux avec des virus sauvages sont connus être à l'origine d'une plus grande diversité génétique de la population virale (Chong *et al.*, 2010).

Une plus grande diversité génétique implique toujours des questions par rapport à la protection conférée par les vaccins existants et augmente les risques d'excrétion virale post-infection malgré la vaccination (Miller *et al.*, 2009). Pour le moment, ces virus vaccinaux ont été isolés chez des animaux sains, mais le regain de virulence de la souche au bout de quelques temps n'est pas à écarter (Roy et Venugopalan, 1998). Par exemple des virus vaccinaux ont été suspectés être à l'origine de foyers de MN chez des canards en Chine (Higgins, 1971).

⁷ Agent Communautaire de Santé Animale.

La vaccination des palmipèdes

La présence de virus de la MN a été démontrée chez des oies et canards apparemment sains et il y a eu des mortalités de palmipèdes dans des foyers confirmés de MN (Rasamoelina-Andriamanivo, 2011). La question sur la vaccination des palmipèdes revêt un double intérêt : (i) premièrement pour les protéger contre la maladie, vu qu'elles ont une plus grande valeur économique que les poulets ; (ii) pour réduire leur rôle sur la transmission des virus. En effet, au vu des taux de mortalité et de morbidité pour les différentes espèces, les palmipèdes sont quand même beaucoup plus résistants que les poulets, malgré les mortalités constatées, et peuvent constituer un réservoir de virus.

Il serait nécessaire, de mettre en place des protocoles de vaccination adaptés aux palmipèdes puisque le vaccin PestaviaND a surtout été mis au point pour les poulets. Dans la littérature, des essais de vaccination de canards se sont révélés efficaces contre l'excrétion des virus de la MN (Nishizawa *et al.*, 2007). Mais pour lutter contre les foyers de cette maladie sur des oies en Chine, les protocoles vaccinaux utilisés consistent à multiplier par 5 la dose pour les poulets (Li *et al.*, 2001 ; Dai *et al.*, 2008). Toujours en Chine, cette dose élevée de souche mukteswar a entraîné la maladie chez certains animaux du fait de la pathogénicité résiduelle de la souche, ce qui a impliqué la mise en place de nouveau protocole de vaccination basé sur une association des souches La Sota et Mukteswar (Dai *et al.*, 2008).

A Madagascar, dans le cadre de PARRUR Newcastle, nous avons tenté de mettre en place un protocole de vaccination des palmipèdes basé sur le vaccin PestaviaND et la souche La Sota. Mais du fait de l'insuffisance du niveau de biosécurité des infrastructures et surtout l'insuffisance de connaissance des déterminants de la pathogénicité des souches du virus sur les palmipèdes, l'expérience n'a pas abouti. En effet, il y a eu contamination des animaux d'expérience par le virus. De plus, les souches de virus disponibles ne permettraient pas de faire les épreuves vaccinales (tester l'efficacité des vaccins), car elles n'étaient pas certaines de tuer 100 % des palmipèdes infectés. Cette mise au point de vaccin adapté aux palmipèdes reste un axe de recherche important à approfondir pour contribuer au contrôle de cette maladie à Madagascar.

Quelques pistes d'amélioration

Ces différentes contraintes de la vaccination limitent son efficacité dans le contrôle de la maladie de Newcastle. De plus, il est également connu que la dynamique d'effectif de populations avicoles villageoises fait en sorte qu'il y a toujours une fraction d'animaux non immunisée (Awan *et al.*, 1994, Lesnoff *et al.*, 2009). Toutefois, le contexte socio-économique du pays, et surtout le niveau de prévalence de la maladie, qui reste encore très élevé, font que la vaccination reste la méthode la plus importante pour réduire la fréquence des foyers et l'impact économique de la maladie. Nous présentons ici, sans prétendre d'être exhaustif, quelques pistes basées sur nos expériences de terrain pour améliorer la situation de la vaccination à Madagascar.

A l'exemple du Lac Alaotra, l'organisation de campagne de vaccination officielle, en privilégiant des partenariats publics-privés, peut améliorer de façon considérable le taux de vaccination. La DSV est en cours de réaliser la hiérarchisation des maladies prioritaires à Madagascar. Si la MN fait partie des maladies prioritaires, peut-être que les campagnes de vaccination contre celle-ci, seront organisées à une échelle plus large. La variation de la fréquence des foyers de MN, dans le temps, indique clairement un pic en septembre-octobre. Il est conseillé de réaliser les campagnes de vaccination un mois avant la période de pic (Alders et Spradbrow, 2000). Au lac Alaotra, une cession de sensibilisation était bien sûr organisée pour convaincre les éleveurs à participer à la campagne (Figure 6). Les études sur les déterminants socio-économiques de la vaccination ont montré qu'il existe des groupes cibles majeurs. Il serait aussi important de centrer les campagnes de sensibilisation sur ces groupes en privilégiant le potentiel de l'aviculture villageoise.

Les contraintes de la vaccination que nous avons identifiées soulèvent encore plusieurs questions ou axes de recherche. On peut citer les déterminants socio-économiques de la vaccination à plus large échelle, la question sur le vaccin adapté aux palmipèdes, la problématique de l'excrétion virale et enfin le développement de vaccins thermotolérants. Il est important de continuer ces recherches mais il est tout aussi important de garder le lien entre la recherche et les gestionnaires du risque (la DSV, les vétérinaires et les éleveurs) afin de faciliter l'appropriation et l'application des résultats.

Bonnes pratiques d'élevage

La vaccination est un outil indispensable pour réduire la prévalence et les impacts économiques de la maladie. Mais elle est insuffisante à elle seule pour contrôler la maladie. Les travaux de modélisation de Mraidi (2014) ont confirmé que l'importance des réservoirs de virus (milieu naturel, palmipèdes), l'excrétion virale par les poulets vaccinés et la dynamique naturelle de la population de volailles font que la vaccination seule, dans le contexte actuelle de Madagascar, ne suffirait pas à contrôler la MN.

Au vu des facteurs de risque identifiés, plusieurs recommandations pratiques peuvent être formulées directement aux éleveurs :

- La séparation des palmipèdes et des poulets au moins dans les bâtiments où ils sont logés la nuit (Figure 7) ;
- Le renouvellement, autant que possible, à partir d'autres exploitations au lieu d'acheter au marché ou aux collecteurs (Figure 8). Mais il faudrait s'assurer avant l'achat du statut sanitaire de l'élevage d'origine des volailles, au moins sur le plan clinique. Dans tous les cas, il faut éviter de faire toute introduction de nouveaux animaux pendant les périodes où la maladie sévit le plus. Il faut également éviter l'entrée des collecteurs de volailles dans l'exploitation lors des ventes de volaille ;
- La quarantaine simple des nouveaux animaux introduits : En pratique, elle pourrait être effectuée de différentes manières, l'objectif étant juste d'éviter le contact rapproché avec les volailles de l'exploitation. Les animaux peuvent par exemple rester dans des cagettes en bambou (ou « garaba ») très utilisées localement, et séparés des autres volailles (enclos à part, bâtiment) pour éviter tout contact le temps de la quarantaine (Figure 9). Cette recommandation est aussi valable pour les volailles invendues qui reviennent du marché ;
- L'application d'un bon nettoyage-désinfection et la mise en place d'un vide sanitaire suffisant permettent d'assainir les fermes après un passage de virus de MN.

Contrôle au niveau du circuit de commercialisation

Le rôle du circuit de commercialisation dans la transmission de la MN a été largement démontré. Il convient donc de proposer des mesures de contrôles à ce niveau. Dans le cadre de PARRUR Newcastle, nous avons évalué la perception des collecteurs et commerçants au niveau des marchés de volailles vivantes sur la possibilité d'application de plusieurs mesures de prévention. Ce sont des mesures qui ont fait, par ailleurs leurs preuves dans le cadre de contrôle d'autres maladies infectieuses et contagieuses au niveau des circuits de commercialisation (Kung *et al.*, 2003). Il s'agit de :

- Exiger que seules les volailles vaccinées puissent aller au marché.
- Séparer les espèces, notamment les palmipèdes et les poulets ;
- Faire un nettoyage-désinfection systématique des matériels utilisés et du marché ;
- L'établissement de jour de repos, notamment pour les marchés journaliers.

Les résultats de cette étude ont montré que la MN est une source de perte pour les commerçants. En effet, les volailles malades sont, soient invendables surtout en cas de mortalité, soient vendus à des prix modiques. Ils sont donc preneurs de propositions pour atténuer l'impact de cette maladie. Parmi les mesures proposées, la séparation des espèces est la seule mesure impossible à appliquer pour eux. En effet, cela impliquerait plus d'investissements en matériels de leur part pour répartir les différentes espèces. Mais surtout parce qu'il deviendrait impossible pour une seule personne de réaliser la vente de toutes des volailles si celles-ci sont à différents endroits. En revanche, les autres mesures ont été très bien perçues, notamment l'exigence d'un statut vacciné, éventuellement contrôlable via un carnet de vaccination. Le jour de repos du marché ont été très bien pris.

Gestion des foyers

Les foyers de MN sont courants. En aviculture villageoise, les éleveurs se sentent souvent démunis en termes de possibilité de lutte quand la maladie arrive. La vente d'urgence est souvent pratiquée pour atténuer les pertes. Par ailleurs les collecteurs évitent de passer dans les villages où la maladie sévit. On peut alors se poser la question comment faire pour atténuer l'impact de ces foyers de MN et limiter leur expansion ?

Voici quelques propositions de mesures qui devraient être à la portée des éleveurs, mais qui demandent aussi un certain niveau de solidarité et de responsabilité de la part de la communauté rurale dans les villages où il y a les foyers :

- Isoler toutes les poules malades : L'endroit utilisé pour la quarantaine des nouveaux animaux peut être valorisé pour cela. On pourrait même suggérer aux éleveurs d'abattre rapidement les premiers poulets malades pour éviter la contamination du reste du lot. Dans tous les cas, il faut au moins abattre les poulets très malades. Il faut éviter de transporter les poules malades ou mortes vers d'autres élevages indemnes de la maladie ou en dehors du village ;
- Conscientiser les éleveurs sur le rôle des cadavres d'animaux ou de tout autre déchet provenant des animaux malades, notamment les plumes, ainsi que sur la persistance et la diffusion du virus. Cela implique d'éliminer correctement ces produits en cas de mortalités de volailles due à la maladie. Il s'agit d'enterrer ou brûler toutes les poules mortes ainsi que tout autre déchet qui lui sont associés (plumes, fèces...) ;
- A l'intérieur des villages où la maladie sévit, les éleveurs négligent souvent la transmission passive du virus via le contact avec des personnes, des voitures, des animaux qui ont été en contact avec des volailles infectées. Les chiens et les chats font partie des vecteurs passifs ou mécaniques possibles, alors qu'il faudrait limiter leurs accès aux volailles et notamment aux cadavres de volailles. Les agents de santé animale (vétérinaires et leurs équipes), en période de maladie, sont souvent appelés et passent de village en village et d'élevage en élevage. Il doivent prendre les dispositions nécessaires de nettoyage, de changement de vêtements et de chaussures et de désinfection avant de changer de lieu d'intervention (élevage, village) ;
- La vaccination a encore toute sa place, même en cas de présence de la maladie dans le village. Il ne faut pas vacciner les poulets qui présentent déjà les signes de la maladie. Par contre, dès le signalement d'apparition de la maladie dans les villages voisins ou encore dans d'autres élevages à l'intérieur du village, il faut vacciner rapidement les volailles apparemment saines. On parle alors dans ce cas de vaccination d'urgence. Par ailleurs, les vétérinaires et leurs équipes et/ou les services vétérinaires régionaux peuvent aussi organiser une vaccination autour des foyers pour limiter les mortalités mais aussi pour éviter l'extension de ces foyers. On parle alors de vaccination en anneau.

Place de la communication

L'importance de la sensibilisation a déjà été évoquée pour la vaccination contre la MN. Mais en réalité, la communication est indispensable pour améliorer la perception des différents acteurs sur l'importance de l'aviculture, les impacts de MN sur les filières avicoles, mais aussi sur les mesures de lutte possible.

A titre d'exemple, certains éleveurs ne connaissent pas le potentiel économique de l'élevage des volailles et souvent les sous-exploitent ou les négligent. Cela est valable aussi pour certains décideurs. Les différents acteurs de l'aviculture villageoise ont l'habitude de voir régulièrement des foyers de MN avec les mortalités de volailles qu'ils entraînent mais sans avoir une idée sur le coût économique que ces mortalités représentent. Pour rappel, en reprenant l'étude de Rakotondrabe (2013), le chiffre d'affaire de l'aviculture traditionnelle est estimé à 106,5 milliards d'Ariary. Il est plus élevé que celui des élevages de poules pondeuses ou encore celui des élevages de poulets de chair. Les pertes dues à la MN représentent 15 % de ce chiffre d'affaire soit 15,7 milliards d'Ariary.

Les éleveurs et les autres acteurs du secteur se sentent limités en termes de possibilité d'intervention. Mais nous avons vu qu'il existe plusieurs mesures qui peuvent être prises au niveau des élevages, comme au niveau du circuit de commercialisation.

La nécessité d'une recherche d'accompagnement en parallèle aux interventions de lutte paraît évidente mais encore faut-il que les chercheurs et les gestionnaires du risque travaillent ensemble avec la même vision.

Dans le cadre de PARRUR Newcastle, il y a eu une campagne de sensibilisation des éleveurs à travers un spot télévisé, un publi-reportage télévisé, des émissions radio et des affiches et posters (Figures 9 et 10). Les zones cibles étaient le Lac Alaotra et l'Itasy. L'évaluation de l'impact de cette campagne de sensibilisation a été effectuée au mois de février 2016. L'analyse des données est encore en cours mais cette étude nous permettra de connaître les enjeux, les difficultés et l'efficacité d'une campagne de communication. Ces résultats sont importants pour préparer une mise à l'échelle éventuelle et pour de futures campagnes de communication sur la MN.

Conclusion

La MN est la première maladie aviaire en aviculture villageoise en termes de fréquence et d'impacts socio-économiques à Madagascar. Des méthodes de lutte adaptées au contexte du pays sont disponibles, incluant la surveillance, la vaccination, les bonnes pratiques d'élevage et de commercialisation et la gestion des foyers. Plusieurs questions restent posées et de nouveaux outils sont encore à développer (exemples : les vaccins thermotolérants, le vaccin pour les palmipèdes). Les capacités de recherche pour les réaliser sont disponibles. Mais la dimension socio-économique et la communication, souvent négligées par les techniciens, doivent faire l'objet d'attention particulière pour améliorer les chances de réussite des mesures de contrôle de cette maladie.

Références bibliographiques

Alders RG. et Spradbrow PB., 2000 : *Newcastle disease in Village Chickens* : A Field Manual. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra ; 70 p.

Alexander DJ., Campbell G., Manvell R.J., Collins MS., Parsons G. et McNulty MS., 1992 : Characterisation of an antigenically unusual virus responsible for two outbreaks of Newcastle disease in Republic Ireland in 1990. *Vet Rec.* 1992; 130: 65-68.

Alexander DJ., Manvell R.J., Frost KM., Pollitt W.J., Welchman D. et Perry K., 1997 : An outbreak of Newcastle disease in pheasants in Great Britain in May 1996. *Vet Rec.*; 140: 20-22.

Alexander DJ., 2000 : Newcastle disease and other avian paramyxoviruses. *Rev Sci Tech.* 19 (2): 443-462.

Alexander DJ., 1997 : Newcastle disease and other paramyxoviridae infections. In: Diseases of poultry, 10th ed, Calnek BW., Barnes H.J., Beard CW, McDougald L.R. et Saif YM. (eds). Iowa State University press, Ames, USA ; 541- 569.

Allan WH. et Gough RE., 1974 : A standard haemagglutination-inhibition test for Newcastle disease. A comparison of macro and micro methods. *Vet Rec.*; 95: 120-123.

Amakye-Anim J., Awuni J.A., Coleman T. et Sedor V., 2000 : *Ghanian trials with a rurally produced thermostable Newcastle disease vaccine (strain I2) in chickens*. 26th Animal Science Symposium Ghana, Animal Science Association Kumasi, University of Science and Technology.

Andriamanalina H., 2002 : *Influence de la vaccination sur la maladie de Newcastle et la pasteurellose aviaire dans la Commune rurale d'Andina*. [Mémoire d'Ingénieur en Agronomie]. Université d'Antananarivo/Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. 95 p.

Asplin F., 1949 : Observations on the viability of Newcastle disease virus. *Vet Rec.* 61: 159-160.

Awan MA., Otte M.J. et James AD., 1994 : The epidemiology of Newcastle disease in rural poultry: a review; *Avian Pathol.* 23: 405-423.

Bell J.G., Kane M. et Le Jan. C. 1990 : An investigation of the disease status of village poultry in Mauritania. *Prev Vet Med.* 8:291-294.

Bensink Z. et Spradbrow PB., 1999 : Newcastle disease virus strain I2, a prospective thermostable vaccine for use in developing countries. *Vet. Microbiol.* 68: 131- 139.

Boyd R.J. et Hanson RP., 1958 : Survival of Newcastle disease virus in nature. *Avian Dis.* 2: 82-93.

Bozorgmehrifard MH. et Keyvanfar H., 1979 : Isolation of Newcastle disease virus from teals (*Anas crecca*) in Iran. *J Wildl Dis.* 15 (2): 335-337.

Capua I, Dallapozza M., Mutinelli F., Marangon S., Terregino C., 2002 : Newcastle disease outbreaks in Italy during 2000. *Vet. Rec.* 150 (18): 565-568.

Cardinale E., Rasamoelina Andriamanivo H., Sutter C., Benard C., Biarmann M., E. Foex E., Meenowa D., Melanie J., Mérot P., Moutroifi Y., Razafimandimby H. et Flachet L., 2015 : *Bulletin d'information épidémiologique n°17. AnimalRisk et SEGA One health*. 11 p. [En ligne] http://www.animalrisk-oi.org/fr/2_10/5154/bulletins-d-informations-epidemiologiques.html consulté le 16/06/2016.

Chaka H., Goutard F., Roger F., Bisschop SP. et Thompson PN., 2013 : Household-level risk factors for Newcastle disease seropositivity and incidence of Newcastle disease virus exposure in backyard chicken flocks in Eastern Shewa zone, Ethiopia. *Prev Vet Med.* 109 (3-4): 312-320.

Chang PW., 1981 : *Newcastle disease*. In: Beran GW, eds. CRC Handbook series in zoonoses, section B: viral zoonoses. Vol. II. Boca Raton, Fla: CRC Press Inc. 261-274.

Chong YL., Padhi A., Hudson P.J. et Poss M., 2010 : The effect of vaccination on the evolution and population dynamics of avian paramyxovirus-1. *PLoS Pathog.* 6(4): e1000872.

Collins MS., Alexander DJ., Brockman S., Kemp PA. et Manvell R.J., 1989 : Evaluation of mouse monoclonal antibodies raised against an isolate of the variant avian paramyxovirus type 1 responsible for the current panzootic in pigeons. *Arch. Virol.* 104: 53-61.

Dai Y., Liu M. et Li W., 2008 : Protective Efficacy of Commercial Newcastle Disease Vaccines Against Challenge of Goose Origin Virulent Newcastle Disease Virus in *Geese Avian Dis.* 52(3): 467-471.

Dao TD. et Pham C., 1985 : *National overviews: Vietnam*. In: Della-Porta A J (editor) *Veterinary viral diseases: their significance in south-east Asia and the western Pacific*. Acad Press, Sydney. 246-250.

Dias PT., Alders RG., Fringe R. et Mata BV., 2001: *Laboratory and Field Trials with Thermostable Live Newcastle Disease Vaccines in Mozambique*. In: Alders RG et Spradbrow PB. ed. SADC Planning Workshop on Newcastle Disease Control in Village Chickens. ACIAR Proceedings of an International Workshop, Maputo, Mozambique, 6-9 March 2000. 103: 91-96.

Doyle TM., 1927 : A hitherto unrecorded disease of fowls due to a filter- passing virus. *J. Comp. Pathol Ther.* 40:144-169.

Eames KTD. et Keeling M.J., 2003 : *Contact tracing and disease control*. Proc R Soc Lond B 2003; 270: 2565-2571 doi: 10.1098/rspb.2003.2554.

East I., Kite V., Daniels P. & Garner G., 2006 : A cross-sectional survey of Australian chicken farms to identify risk factors associated with seropositivity to Newcastle-disease virus, *Preventive Veterinary Medicine.* 77 (3-4): 199-214.

Estudillo J., 1972 : *A Newcastle disease outbreak in captive exotic birds*. In Proc. 21st West Poultry Dis. Conf. University of California. 70-73.

FAO. 2016 : *Statistics of the Food and Agriculture Organization of the United Nations*. FAOSTAT Statistics division. 2016. [En ligne] <http://faostat3.fao.org/> consulté le 16/06/2016.

Figuié M. et Rasamoelina Andriamanivo H., 2008 : *Perceptions et pratiques de vaccination contre la maladie de Newcastle (NCD) chez les éleveurs de volailles malgaches*. Rapport de mission, projet GRIPAVI. CIRAD Montpellier, France. 19 p.

Gould AR., Kattenbelt JA., Selleck P., Hansson E., Della-Porta AJ. et Westbury HA., 2001 : Virulent Newcastle disease in Australia: molecular epidemiological analysis of viruses isolated prior to and during the outbreaks of 1998-2000. *Virus Res.* 77: 7751-7760.

Higgins DA., 1971 : Nine disease outbreaks associated with myxovirus among ducks in Hong Kong. *Trop Anim Health Prod.* 3: 232-240.

Hlinak A., Muhle RU., Werner O., Globig A., Starick E., Schirrmeier H., Hoffmann B., Engelhardt, Hubner D., Conraths FJ., Wallschläger D., Kruckenberg H. et Muller T., 2006 : A virological survey in migrating waders and other waterfowl in one of the most important resting sites of Germany. *J Vet Med B.* 53: 105-110.

Jintana D., 1987 : Thailand : Poultry production. In: Cupland JW (Eds). *Newcastle disease in poultry. A new food pelleted*. ACIAR monograph. N° 5. ACIAR, Canberra, 108-109.

Johnston KM. et Key DW. 1992 : Paramyxovirus-1 in feral pigeons (*Columba livia*) in Ontario. *Can Vet J.* 1992; 33: 796-800.

Jorgensen PH., Handberg K.J., Ahrens P., Therkildsen OR., Manvell R.J. et Alexander DJ., 2004 : Strains of avian paramyxovirus type 1 of low pathogenicity for chickens isolated from poultry and wild birds in Denmark. *Vet Rec.* 154: 497-500.

Jorgensen PH., Handberg K.J., Ahrens P., Hansen HC., Manvell R.J. et Alexander DJ., 1999 : An outbreak of Newcastle disease in free-living pheasants (*Phasianus colchicus*). *J Vet Med B.* 46: 381-387.

Kaleta EF. et Baldauf C., 1988 : *Newcastle disease in free-living and pet birds*. Alexander DJ (Ed.), Newcastle Disease, Kluwer Academic Publishers, Boston. 197-246.

Kaleta EF., Alexander DJ. et Russel PH., 1985 : The first isolation of the avian PMV-1 virus responsible for the current panzootic in pigeons. *Avian Pathol.* 14: 553-557.

Kapczynski DR., Wise MG. et King DJ., 2006 : Susceptibility and protection of naïve and vaccinated racing pigeons (Columbia livia) against exotic Newcastle disease virus from the California 2002-2003 outbreak. *Avian Dis.* 50: 336-341.

Keeling MJ. et Eames KTD. 2005 : Networks and epidemic models. *J. R. Soc. Interface.* 2, 295-307. doi: 10.1098/rsif.2005.0051.

Kim LM., King DJ., Suarez DL., Wong CW. et Afonso CL., 2007 : Characterization of class I Newcastle disease virus isolates from Hong Kong live bird markets and detection using real-time reverse transcription-PCR. *J. Clin. Microbiol.* 2007; 45: 1310-1314.

Kinde H., Utterback W., Takeshita K. et McFarland M., 2004 : Survival of exotic Newcastle disease virus in commercial poultry environment following removal of infected chickens. *Avian Dis.* 48: 669-674.

King DJ. et Seal BS., 1997 : Biological and molecular characterization of Newcastle disease virus from surveillance of live bird markets in the northeastern United States. *Avian Dis.* 41: 683-689.

Koko M., Maminiaina OF., Ravaomanana J. et Rakotonindrina S.J., 2006 : Aviculture villageoise à Madagascar : enquête épidémiologique. In Improving farmyard poultry production in Africa: interventions and their economic assessment. *Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA)*, TECDOC-1489. AIEA, Vienne, 157-163.

Kraneveld FC., 1926: A poultry disease in the Dutch East Indies. *Nederlands-IndischeBladenvoorDiergeneeskunde.* 38: 448-450.

Kuiken T., 1999: Review of Newcastle Disease in Cormorants. *Waterbirds.* 22 (3): 333-347.

Kung NY., Guan Y., Perkins NR., Bissett L., Ellis T., Sims L., Morris RS., Shortridge KF. et Peiris JSM., 2003 : The impact of a monthly rest day on avian influenza virus isolation rates in retail live poultry markets in Hong Kong. *Avian Dis.* 47 (3): 1037-1041.

Lancaster JE., 1966 : Newcastle disease: A review (1926-1964). Monograph N°3. *Canada Department of Agriculture.* Ottawa. 188 p.

Lesnoff M., Peyre M., Duarte PC., Renard JF. et Mariner JC., 2009 : A simple model for simulating immunity rate dynamics in a tropical free-range poultry population after avian influenza vaccination. *Epidemiol Infect.* 137: 1405-1413.

Li WL., Bian RL., Feng TL., Wen JX. et Bai JM., 2001 : An immunization experiment for Newcastle disease-like (temporary name) in geese. *Chin J. Prev Vet Med.* 23: 149-150.

Lister S., Alexander DJ. et Hogg R., 1986 : Evidence for the presence of avian paramyxovirus Type 1 in feral pigeons in England and Wales. *Vet Rec.* 118: 476-479.

Liu XF., Wan HQ., Ni XX., Wu YT. et Liu WB., 2003 : Pathotypical and genotypical characterization of strains of Newcastle disease virus isolated from outbreaks in chicken and goose flocks in some regions of China during 1985-2001. *Arch. Virol.* 148(7): 1387-1403.

Mackenzie JS., Edwards EC., Holmes RM et Hinshaw VS., 1984 : Isolation of ortho- and paramyxoviruses from wild birds in Western Australia, and the characterization of novel influenza A viruses. *Aust J Exp Biol Med Sci.* 62: 89-99.

Makkay AM., Krell PJ. et Nagy., 1999 : Antibody detection-based differential ELISA for NDV-infected or vaccinated chickens versus NDV HN-subunit vaccinated chickens. *Vet. Microbiol.* 66 (3): 209-222.

Maminiaina O., Koko M., Ravaomanana J., Rakotonindrina S., 2007 : Epidémiologie de la maladie de Newcastle en aviculture villageoise à Madagascar. *RevSci Tech.* 26: 691-700.

Maminiaina OF., 2011 : *Caractérisation des virus de la maladie de Newcastle (APMV-1) circulant sur les hautes terres de Madagascar.* [Thèse de Doctorat d'Université], Université d'Antananarivo/Faculté des Sciences 207 p.

Manvell R.J., Frost K. et Alexander DJ., 1996 : *Characteristics of Newcastle disease and avian influenza viruses from ratites submitted to the International Reference Laboratory.* In Proc. International Conference: improving our understanding of ratites in a farming environment, 27-29 March, University of Manchester, United Kingdom D.C. Deeming, Hangland Farm Ostriches Ltd, Banbury. 45-46.

McBride MD., Hird DW. et Carpenter TE., 1991 : Health survey of backyard poultry and other avian species located within one mile of commercial California meat - turkey flocks. *Avian Dis.* 35: 403-407.

McCluskey B.J., Burgess B., Glover J., Kinde H. et Hietala S., 2006 : Use of Sentinel Chickens to Evaluate the Effectiveness of Cleaning and Disinfection Procedures in Non commercial Poultry Operations Infected with Exotic Newcastle Disease Virus. *J Vet Diagn Invest.* 18 (3): 296-299.

Miller P.J., Kim LM., Ip HS, Afonso CL., 2009 : Evolutionary dynamics of Newcastle disease virus. *Virology.* 391: 64-72.

Morgan RW., Gelb J.J., Pope CR. et Sondermeijer P.J.A., 1993 : Efficacy in chickens of a herpesvirus of turkeys recombinant vaccine containing the fusion gene of Newcastle disease virus: onset of protection and effect of maternal antibodies. *Avian Dis.* 37: 1032-1040.

Mraidi R., 2014 : *Modélisation et contrôle de la transmission du virus de la maladie de Newcastle dans les élevages aviaires familiaux de Madagascar.* [Thèse de Doctorat d'Université], École Doctorale Sciences Technologies Santé Université de La Réunion. 138 p.

Nishizawa M., Paulillo AC., Nakaghi LSO., Nunes AD., Campioni JM. et Doretto Júnior L., 2007 : Newcastle disease in white Pekin ducks: response to experimental vaccination and challenge. *Braz J Poul Sci.* 9 (2): 123-125.

Njagi LW, Nyaga PN., Mbuthia PG., Bebora LC., Michieka JN., Kibe JK. et Minga UM., 2001 : *Prevalence of Newcastle disease virus in village indigenous chickens in varied agro-ecological zones in Kenya.* *Livestock Research for Rural Development* 22 (95). [En ligne] <http://www.lrrd.org/lrrd22/5/njag22095.htm> consulté le 16/06/1995.

Nyaga JM., Nyaga PN. et Kariuki DP., 1985 : Epidemiology of Newcastle disease in Kenya, *Bulletin of Animal health and production in Africa.* 33: 249-251.

Ocean-Consultant, 2004 : *Filière aviculture traditionnelle, Filières de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche.* Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche de Madagascar (UPDR/MAEP), Antananarivo. 9 p.

OIE. Organisation Mondiale de la Santé Animale., 2016 : *Fiches d'information générale sur les maladies: Maladie de Newcastle.* [En ligne] http://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Media_Center/docs/pdf/Disease_cards/NEWCAS-FR.pdf consulté le 16/06/2016.

Olesiuk OM., 1951 : Influence of environmental factors on viability of Newcastle disease virus. *Am J Vet Res.* 12: 152-155.

OtimOnapa M., Christensen H., Mukiibi GM. et Bisgaard M., 2006 : A preliminary study of the role of the ducks in the transmission of Newcastle disease virus to in-contact rural free-range chickens. *Trop Anim Health Prod.* 38: 285-289.

Panigrahy B., Senne DA., Pearson JE., Mixson MA. et Cassidy DR., 1993 : Occurrence of velogenic viscerotropic Newcastle disease in pet and exotic birds in 1991. *Avian Dis.* 37 (1): 254-258

Porphyre V., 2000 : *Enquête séro-épidémiologique sur les principales maladies infectieuses des volailles à Madagascar.* [Mémoire de DESS Productions animales en régions chaudes]. (CIRAD EMVT), Montpellier.

Rajaoherinirina EM., 2003 : *La vaccination des volailles: Application dans la région péri-urbaine d'Antananarivo (Antananarivo Avaradrano et Atsimondrano, Ambohidratrimo).* [Mémoire d'Ingénieur en Agronomie]. Université d'Antananarivo/Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. 114 p.

Rajaonarison J.J., 1991 : Production de vaccin contre la maladie de Newcastle à Madagascar. *Newcastle Disease or Rural Africa, PANVAC, DebreZeit*, Addis Ababa, Ethiopia, 135-137.



Rakotondrabe N., 2013 : *Impacts socio-économiques des maladies aviaires prioritaires à Madagascar*. [Thèse de médecine vétérinaire]. Faculté de médecine. Université d'Antananarivo Madagascar. 153 p.

Rasamoelina Andriamanivo H., Duboz R., Lancelot R., Maminiaina OF., Jourdan M., Rakotondramaro TMC., Rakotonjanahary SN., Servan de Almeida R., Rakotondravao, Durand B. et Chevalier V., 2014 : Description and analysis of the poultry trading network in the Lake Alaotra region, Madagascar: Implications for the surveillance and control of Newcastle disease. *Acta Trop.* 135: 10-18.

Rasamoelina Andriamanivo H., Lancelot R., Maminiaina OF., Rakotondrafara TF., Jourdan M., Renard JF., Gil ., Servan de Almeida R., Albina E., Martinez D., Tillard E., Rakotondravao et Chevalier V., 2012 : Risk factors for avian influenza and Newcastle disease in smallholder farming systems, Madagascar highlands. *Prev Vet Med.* 104 (1-2): 114-124.

Rasamoelina Andriamanivo H., 2011 : *Diffusion des pestes aviaires dans les petits élevages des hautes terres malgaches*. [Thèse de Doctorat d'Université]. Université de Montpellier II. Ecole doctorale SIBAGHE / Epidémiologie. 125 p.

Rasamoelina Andriamanivo H., 2014 : *Mise en place et évaluation d'une surveillance ciblée de la maladie de Newcastle au Lac Alaotra à Madagascar*. Rapport final du projet Parrur Newcastle. FOFIFA/DRZV Antananarivo Madagascar. 35 p.

Razandrinapela MA., 2015 : *Déterminants socio-économiques de la pratique de la vaccination contre la maladie de Newcastle dans la zone du lac Alaotra*. [Thèse de médecine vétérinaire]. Faculté de médecine. Université d'Antananarivo Madagascar. 44p.

Renard F., 2010 : Analyses de filière et épidémiologie animale dans les pays du 684 Sud: l'exemple de la grippe aviaire. *Economies et Sociétés, Série Systèmes Agroalimentaires*. 39: 1627-1638.

Rosenberger JK., Krauss WC. et Slemons RD., 1974 : Isolation of Newcastle disease and type-A influenza viruses from migratory waterfowl in the Atlantic flyway. *Avian Dis.* 18: 610-613.

Roy P. et Venugopalan AT., 1998 : Virulence of Newcastle disease vaccine virus(es) in the field. *Trop Anim Health Prod.* 30: 41-44.

Saifuddin M., Chowdhury TI., Sarker AJ. et Amin MM., 1990 : Protection conferred by vaccination with Blacksburg and Komarov strains of Newcastle disease virus against Newcastle disease in Bangladesh. *Trop Anim Hlth Prod.* 4: 263-272.

Samberg Y., Hadash DU., Perelman B. et Meroz M., 1989 : Newcastle disease in ostriches (*Struthiocamelus*): field case and experimental infection. *Avian Pathol.* 18 (2): 221-226.

Seal BS., Wise MG., Pedersen JC., Senne DA., Alvarez R., Scott MS., King DJ., Yu Q. et Kapczynski DR., 2005 : Genomic sequences of low-virulence avian paramyxovirus-1 (Newcastle disease virus) isolates obtained from live-bird markets in North America not related to commonly utilized commercial vaccine strains. *Vet Microbiol.* 106: 7-16.

Shengqing Y., Kishida N., Ito H., Kida H., Otsuki K., Kawaoka Y. et Ito T., 2002 : Generation of velogenic Newcastle disease viruses from a non pathogenic waterfowl isolate by passaging in chickens. *Virology* 301: 206-211.

Stallknecht DE., Senne DA., Zwank PJ., Shane SM. et Kearney MT., 1991 : Avian paramyxoviruses from migrating and resident ducks in coastal Louisiana. *J Wildl Dis.* 27: 123-128.

Thitisak W., Janviriyasopak O., Morris RS., Srihakim S. et Kruegener RV., 1988 : Causes of death found in an epidemiological study of native chickens in Thai villages. *Acta Veterinaria Scandinavica Supplement.* 84: 200-202.

Tu TD., Phuc KV., Dinh NTK., Quoc DN. et Spradbrow PB., 1998 : Vietnamese trials with a thermostable Newcastle disease vaccine (strain I2) in experimental and village chickens. *Prev Vet Med.* 34: 205- 214.

Ujvari D., Wehmann E., Kaleta EF., Werner O., Savic V., Nagy E., Czifra G. et Lomniczi B., 2003 : Phylogenetic analysis reveals extensive evolution of avian paramyxovirus type 1 strains of pigeons (*Columba livia*) and suggests multiple species transmission. *Virus Research.* 96: 63-73.

Verwoerd DJ., 1995: Velogenic Newcastle disease epidemic in South Africa. II - Ostriches, waterfowl, exotic bird collection and wild birds. *S Afr Vet Med.* 8: 44-49.

Walker JW., Heron BR. et Mixson MA., 1973 : Exotic Newcastle disease eradication programme in the United States. *Avian Dis.* 17: 486.

Wambura PN., Kapaga AM. et Hyera JMK., 2000 : Experimental Trials with Thermostable Newcastle Disease virus (strain I2) in commercial and Village chickens in Tanzania. *Prev Vet Med.* 43: 75-83.

Wobeser G., Leighton FA., Norman R., Myers DJ., Onderka D., Pybus MJ., Neufeld JL., Fox GA. et Alexander DJ., 1993 : Newcastle disease in wild water birds in western Canada, *Can Vet J.* 34: 353-359.

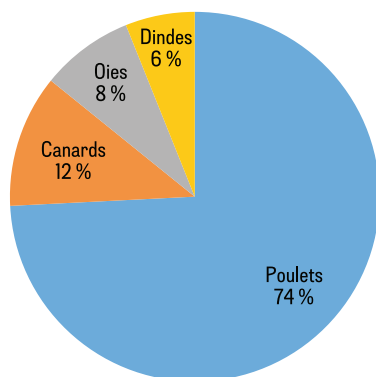


Figure 1 : Répartition par espèce du cheptel de volailles de Madagascar selon les estimations de la FAO en 2014

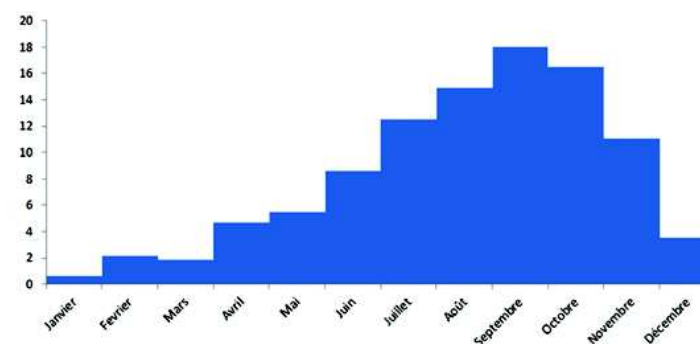


Figure 4 : Répartition intra-annuelle des foyers de maladie de Newcastle au Lac Alaotra selon la perception des éleveurs (Source : Rasamoelina-Andriamanivo, 2011)

* Proportion de foyer par mois par rapport au nombre total de foyer annuel

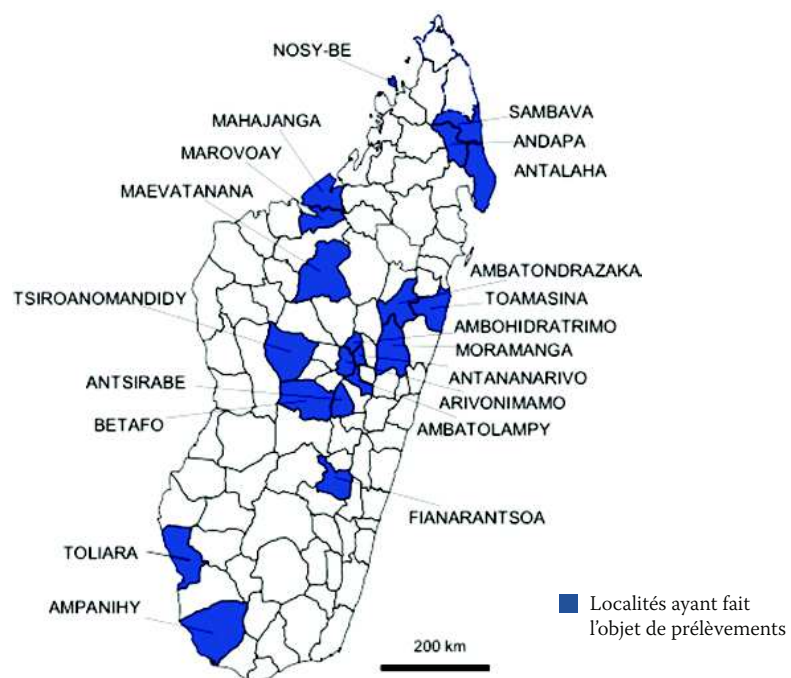


Figure 2 : Zones d'étude de l'enquête transversale sur les maladies aviaires (Source : Porphyre, 1999)

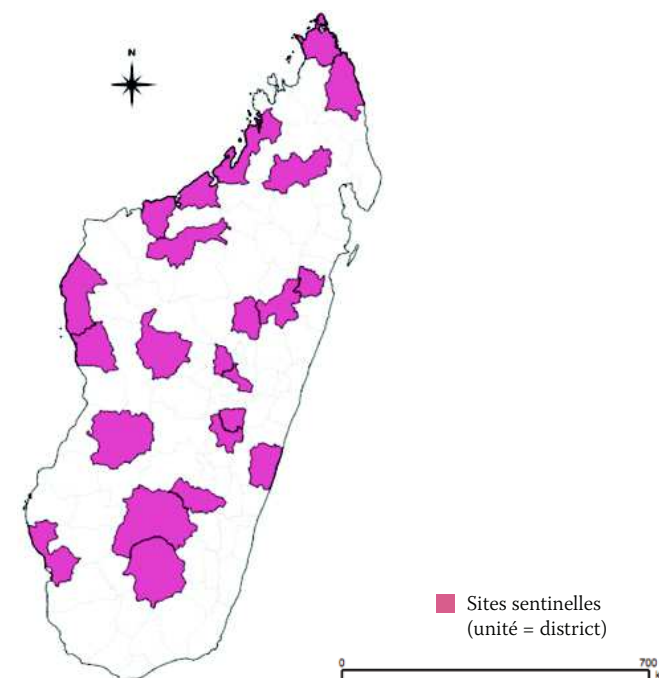


Figure 5 : Couverture géographique du système de surveillance sentinelle (unité = district) (Source : AnimalRisk-OI, 2016, Bulletin d'information épidémiologique n°17)



Dessin : Antso Andrianary

Figure 6 : Support de sensibilisation pour la vaccination



Dessin : Antso Andrianary

Figure 7 : Séparation des abris nocturnes des poulets et des palmipèdes



Dessin : Antso Andrianary

Figure 8 : Faire attention à la provenance des volailles à introduire dans l'élevage et éviter que les collecteurs entrent dans l'élevage lors de la vente des animaux



Dessin : Antso Andrianary

Figure 9 : Quarantaine des volailles à l'introduction



LA MALADIE DE NEWCASTLE: APPRENEZ A LA CONNAITRE



Qu'est-ce que c'est?

- La maladie de Newcastle est une maladie hautement contagieuse des volailles.
- C'est la maladie la plus meurtrière en aviculture familiale causant chaque année de lourdes pertes économiques notamment dans les pays en voie de développement.
- A Madagascar, les professionnels de la santé animale l'appelle "Pesta". Pour les éleveurs, en fonction des régions, il y a plusieurs dénominations de la maladie: « pesta, moafo, ramoretak'akoho, barika... »
- En cas de mortalité de volailles dans les villages, les éleveurs parlent souvent de « barika », une autre maladie des volailles appelée pasteurellose, alors qu'il s'agit la plupart du temps de la maladie de Newcastle.

Quand et comment se manifeste-t-elle?

- A Madagascar, des foyers de maladie de Newcastle surviennent toute l'année mais la période avec le plus de foyers est la saison sèche chaude, d'août à octobre.
- Les différents symptômes qu'on peut observer sur les volailles malades sont:
 - ✓ Abattement,
 - ✓ Difficulté à la respiration: bruyante, allongement du cou
 - ✓ Diarrhée (verte et/ou blanche)
 - ✓ Torticolis (déviation de la tête), mouvements incoordonnés de la tête et/ou du corps



Torticolis



Difficulté respiratoire

Quelles espèces d'oiseaux sont affectées?

- Elle atteint différentes espèces d'oiseaux domestiques et sauvages causant des mortalités variables selon les espèces et les souches du virus.
- Chez les volailles domestiques:
 - ✓ les poulets et les dindes sont les plus sensibles,
 - ✓ les palmipèdes (canards, oies) sont généralement résistants mais peuvent quelquefois faire la maladie,
 - ✓ les autres espèces, moins communes, sont aussi sensibles (pigeons, caille, pintade,...).






Quels sont les facteurs qui favorisent son introduction et/ou son maintien dans les villages et sa propagation ?

- L'achat de volailles vivantes au niveau de marché, ou auprès d'un collecteur en période d'épidémie.
- Le mélange de poulets ou dindes avec des palmipèdes (canards, oies) dans un même bâtiment ou abri nocturne
- Divagation des poulets/dindes autour des eaux des rivières et/ou dans les rizières qui sont souvent contaminés par les fèces des oies, canards ou oiseaux sauvages
- L'homme (éleveurs, visiteurs, vétérinaires) peut transporter de façon passive le virus par ses chaussures et ses vêtements quand il passe d'un élevage infecté à un autre
- Cadavres et plumes de volailles mortes de la maladie.
- La non vaccination des volailles ou le retard du rappel de vaccination.




Auteurs concepteurs: Rasamoelina Andriananivo H., Razafindraibe N. P., Andria-Mananjara D.E., Rakotomanana O. D., Ranaivoson B.

Figure 10 : Affiche utilisée lors de la campagne de sensibilisation sur la maladie de Newcastle au Lac Alaotra et en Itasy.



Figure 11 : Affiche utilisée sur les bonnes pratiques d'élevage lors de la campagne de sensibilisation sur la maladie de Newcastle au Lac Alaotra et en Itasy.

La cysticerose une maladie négligée

Cysticercosis a neglected disease



A. RAHANTAMALALA¹
V. PORPHYRE²
N. RABENINDRINA¹
J. RAZAFIMAHEFA³
H. RASAMOELINA-ANDRIAMANIVO⁴
R. JAMBOU⁵

(1) Unité d'Immunologie des maladies infectieuses, Institut Pasteur de Madagascar, Antananarivo, Madagascar
(2) CIRAD, UMR 112 SELMET, Saint Pierre, La Réunion, France
(3) Service de Neurologie, CHU, Befelatanana, Antananarivo, Madagascar, razjul@yahoo.fr
(4) COI, Réseau SEGA, Maurice
(5) Département des Parasites, Insectes vecteurs, Institut Pasteur, Paris

Contexte

La cysticerose est une cestodose larvaire due au développement chez l'homme (hôte intermédiaire) de *Cysticercus cellulosae*, la larve de *Taenia solium*, un plathelminthe de la famille des Taeniidae (Flisser, 1994). C'est l'une des infections les plus fréquentes du système nerveux central (Engels and others 2003 ; White 2000). L'Organisation Mondiale de la Santé estime que *T. solium* affecte plus de 50 millions de personnes dans le monde et entraîne plus de 50 000 décès chaque année (Murrell et al., 2005). Cette affection est largement répandue dans les pays en développement en Amérique latine, Asie et Afrique sub-saharienne. Actuellement, elle devient un problème émergent dans les pays développés de par la mondialisation et la migration des porteurs asymptomatiques de ténias adultes venant des zones d'endémies (Gabriel and others ; Román et al., 2000 ; Sciutto et al., 2000a ; Zammarchi et al., 2013). L'Homme et le porc entretiennent le cycle de vie du parasite. Ce dernier comme un hôte intermédiaire et le premier, comme hôte définitif hébergeant la forme adulte du ver. Dans certaines situations l'homme remplace le porc dans le cycle parasitaire (Garcia and Del Brutto, 2005 ; García et al., 2003) lorsqu'il ingère des œufs de *T. solium* qui éclosent dans l'intestin, libérant l'embryon hexacanthe ou oncosphère. Celui-ci passe alors dans la circulation sanguine et la larve cysticerque se fixe dans les tissus avec une prédilection pour le système nerveux central mais aussi muscles, œil, tissu cellulaire sous-cutané. L'homme est une impasse parasitaire (Robertson et al., 2013).